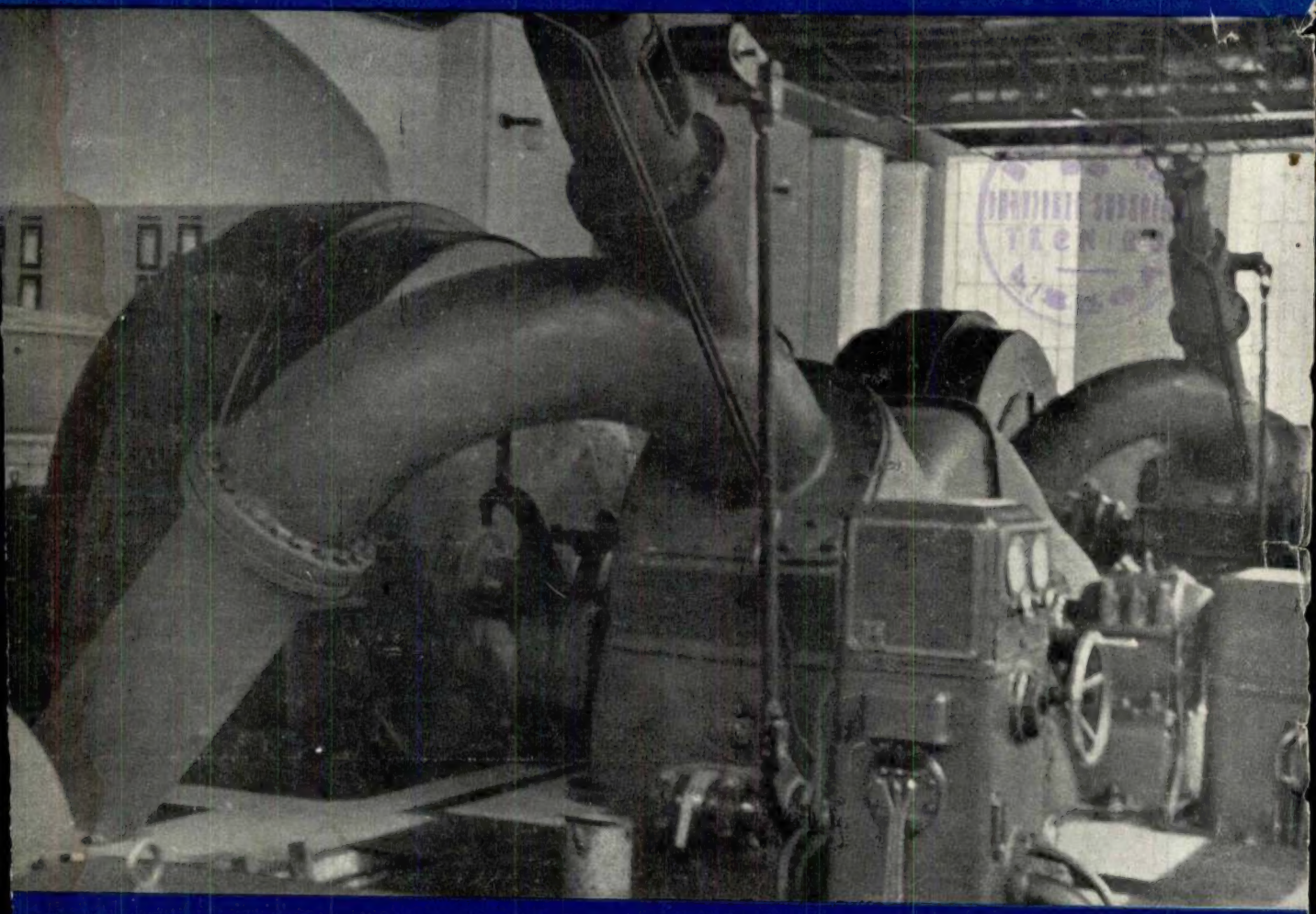
TÉCNICA

861



REVISTA DE ENGENHARIA

OS ALUNOS DO I.S.T.

° 164 - Abril - 1946

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

São garantidos por **10 ANOS** contra o desgaste

MOSAICOS **CAVAN** AZULEJOS

de granulados de mármore

OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS ECONÓMICOS

Soc. Portuguesa CAVAN
Rua D. Estefânia, 42
Telefone 47812 / 50129 — Lisboa
FILIAL NO PÔRTO: **RAL, LTD.ª**
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
164
Abril — 1946

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

BIBLIOTECA I.S.T.

DIRECTOR
ANTÓNIO BUSTORFF
ADMINISTRADOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
CORPO REDACTORIAL
João Barata Galvão
Henrique Marques Pereira
Eduardo Cansado de Carvalho
José Pais Gromicho
Alfredo Nobre da Costa
Manuel da Silva Ferreira

NÚMERO AVULSO 7$50
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Turbinas Pelton da Central de Santa Luzia.

		Págs.
Problemas da formação e da actividade dos engenheiros	Eng.º Ricardo E. Teixeira Duarte	853
Estacas para fundações	Eng.º Fernando Vasco Costa	857
Guia de ensaios normativos de análise química das águas potáveis	Roman Casares Lopez, Ramiro Guedes de Campos, Carlos Candido Coutinho, e Léon Villanúa Fungairiño	879
Algumas notas sobre as camadas de carvão de S. Pedro da Cova	Eng.º Neftali da Costa Fonseca	911
Laboratório portátil especialmente para uso de mineralogistas, adaptado às técnicas da micro-análise	Eng.ª Isabel Maria Meleças Gago	921
Vida Escolar e Associativa		932
Publicações recebidas		932

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

D. MOURA — ENGENHEIRO

REPARADORA ELECTRO-MECÂNICA

Uma organização para trabalhos de electricidade

ALTA TENSÃO — BAIXA TENSÃO

Oficinas de construções eléctricas.
Transformações de características e reparações em:
GERADORES — MOTORES — TRANSFORMADORES
e em tôda a aparelhagem eléctrica para usos industriais e agrícolas.
SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA URGENTE À INDÚSTRIA

Instalações industriais de Fôrça Motriz e Luz
Portos de transformação

Com o nosso empréstimo de máquinas temos evitado a paralização de muitas fábricas

RUA DA TRINDADE, 18-A — LISBOA
Telefone 21406
Telegramas — REPARADORA

CARROS INDUSTRIAIS

MOTORES MARÍTIMOS — **Douglas** — GRUPOS GERADORES

Motores industriais a gasolina e gasolina / petróleo

Série 1 cilindro		Série 2 cilindros	
B.H.P.	R.P.M.	B.H.P.	R.P.M.
2 1/2	1800	4	2500
4 1/2-5	1800	6 1/2	2000
6	1800	7	2000
7	1800	7 1/2	1800
		8 1/2	1800

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL

H. M. F. HATHERLY, L.DA — Rua do Comércio, 8 — Tel. 22001

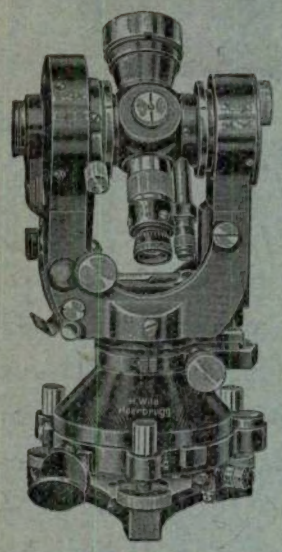
WILD

APARELHOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA GEODESIA FOTOGRAMETRIA

UTILIZAÇÃO FÁCIL **ROBUSTEZ INEXCEDÍVEL**

COMPROVADAS POR 1275 INSTRUMENTOS

vendidos em Portugal e Colónias até Março de 1946 (além dos pequenos aparelhos e acessórios), muitos dos quais ainda em serviço após anos de trabalho intensivo



Nível pequeno	N I	149
» médio	N II	196
» de precisão	N III	9
Teodolito-bússola	T 0	95
» repetidor	T 1	305
» universal	T 2	148
» de precisão	T 3	27
Alidade com prancheta		86
Estádia de invar		70
Telémetros		8
Foto-teodolitos		2
Câmaras fotográficas		2
Restituidores		5
Goniómetros e outros instrumentos topográficos militares		173

NOS NOSSOS ESCRITÓRIOS ESTÃO À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS AS LISTAS DOS COMPRADORES

Representantes e Depositários

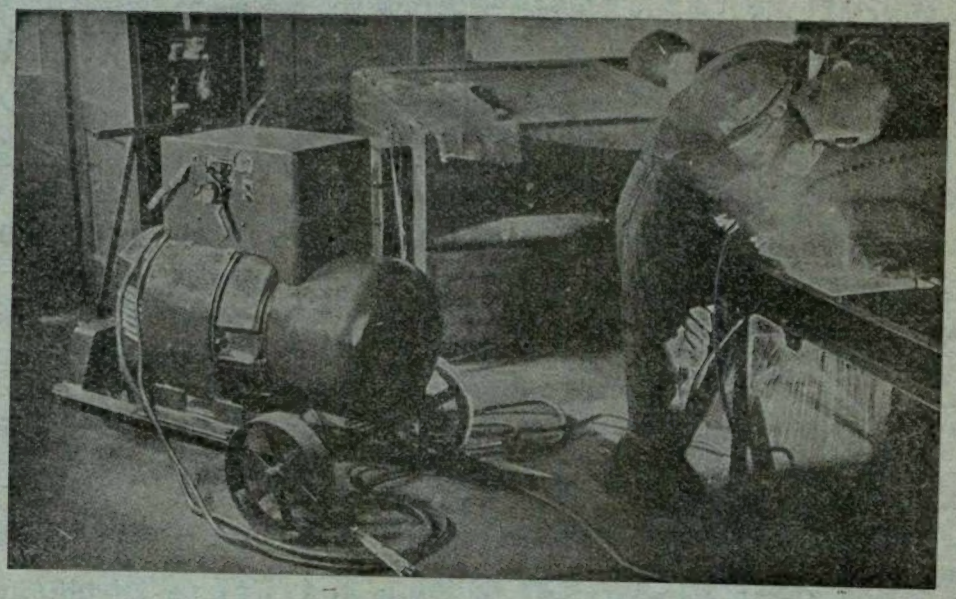
PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Instalação de soldadura eléctrica com grupo rotativo

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléciricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas têxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptore. para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

MOTORES

— A GAZOLINA
— A PETROLEO

MONOBLOCO

DESDE 1 C.V.
PARA TODAS
AS APLICAÇÕES
--
SIMPLES
PRATICOS

GRUPOS **MOTO-BOMBAS**
PARA REGAS,
PARA TRASFÉGAS.
ETC.

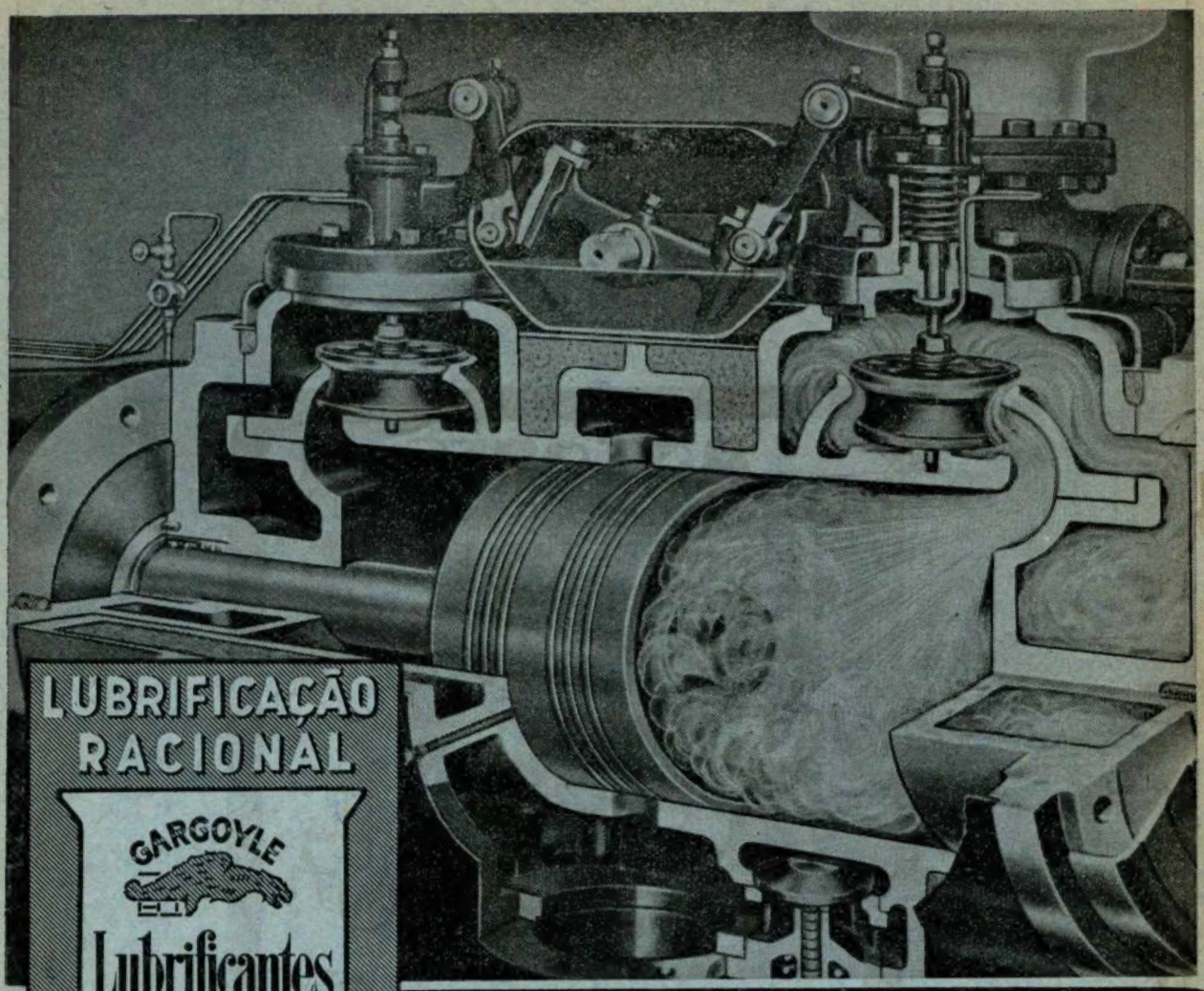
GRUPOS **ELECTROGENEOS**
PARA ILUMINAÇÃO ELETRICA

ENCONTRAM-SE EM STOCK PARA ENTREGA IMEDIATA NA CASA

JAYME DA COSTA, L^DA

PORTO
12-P. DA BATALHA-12 A

LISBOA
8-R. DOS CORREEIROS-26



LUBRIFICAÇÃO RACIONAL

GARGOYLE

Lubrificantes

SOCONY-VACUUM

UMA MARCA CÉLEBRE

TRANSFORMADA EM TERMO COMUM

Aí por alturas de 1870, os inventores sonhavam com máquinas a vapor como esta que aqui vemos. Mas entre o sonho e a realidade havia muitos obstáculos. Um dos maiores era o problema da lubrificação: nêsse tempo nenhum óleo seria capaz de lubrificar uma das nossas máquinas rápidas a vapor sobreaquecido.

Um pouco mais tarde, os técnicos da Vacuum produziram o «600 W», óleo especial para máquinas a vapor fixas. Desde então, o nome «600 W» (embora seja uma das marcas Gargoyle exclusivas) tornou-se um têrmo comum entre os maquinistas para designar óleo de alta qualidade para cilindros.

É êste um exemplo, entre muitos, do que a indústria deve aos serviços de investigação da Socony-Vacuum no campo da lubrificação: melhor protecção das máquinas, maior rendimento e economia de manutenção.

2046

SOCONY-VACUUM

TÉCNICA

ANTÓNIO BUSTORFF
DIRECTOR

ANO XXI - N.º 164 ABRIL 1946

Problemas da formação e da actividade dos engenheiros

ENG.º CIVIL (I. S. T.) RICARDO E. TEIXEIRA DUARTE

C. D. 373

II

APTIDÃO

Só será de facto Engenheiro quem tiver aptidão para isso e souber adquirir os conhecimentos indispensáveis ao perfeito exercício da profissão no ramo a que se dedicar.

A aptidão para engenheiro —, engenho natural, espirito matemático e qualidades de comando — pode ficar perdida numa amplidão desnorteante de saber, desde que se não aproveite e desenvolva a atracção que sempre existe para um certo ramo, projectando luz mais intensa sobre tudo o que com esse ramo se relaciona.

De cursos irregularas, por circunstâncias adversas de toda a ordem, saem algumas vezes engenheiros distintos, formados pela força criadora das suas qualidades natas e pelo desenvolvimento sistemático de conhecimentos de uma só especialidade. Pelo contrário, quantas vezes alunos laureados seguem sem rumo por toda a vida, incapazes de uma obra, por falta de aptidão.

Para que haja bons engenheiros temos, pois, de escolher os que sejam aptos para o exercício dessa profissão e de conduzi-los, atravez de cursos bem orientados, até à especialização.

Primeiro, a responsabilidade das famílias, das escolas secundárias e dos outros organismos educativos no desenvolvimento das qualidades e na formação da consciência que encaminhará o estudante no sentido mais útil para todos; depois a responsabilidade da Escola de Engenharia na selecção inicial, na organização de cursos com objectividade prática, e na capacidade de acompanhar cada aluno na ânsia de conhecer, profundamente, certa matéria para que o atraia o aspecto mais brilhante da sua inteligência, ou o maior poder construtivo da sua imaginação.

À luz deste critério, conclui-se que são indespensáveis os exames de aptidão para a matrícula num curso de Engenharia. Exame de aptidão não significa, aqui, simples exame de verificação dos conhecimentos adquiridos noutras escolas, mas sim investigação de reais qualidades para o exercício da profissão.

Ser engenheiro é, primeiro que tudo, ter a faculdade de *adivinhar* fàcilmente a causa e de prever com segurança os efeitos dos fenómenos que se observam ou se provocam.

O candidato a estudante de engenharia que, posto no fundo de um fosso com dois ou três barrotes, uma corda e alguns pedaços de ferro, não fosse capaz de sair dali por duas ou três maneiras diferentes, deveria ser içado após juramento de que não voltaria a dar tão errado passo! Aos triunfantes dessa primeira prova exigir-se-ia que desenhassem toscamente, mas com as medidas aproximadas da realidade, por exemplo, uma cadeira da sua casa de jantar; e que fizessem em poucos minutos, à simples vista, a avaliação aproximada de uma area de terreno irregular ou o cálculo sumário do peso de um lote de objectos variados; finalmente, teriam de dirigir uma ou mais equipes de pessoal, sem experiência, na remoção de um grande peso ou noutra qualquer manobra simples.

No simbolismo destas ideias, nascidas ao correr da pena, poderá inspirar-se um programa de exames de aptidão que significará muito mais que a resolução de alguns problemas de matemática e de física e que o desenho laborioso, feito a tira-linhas sob o terror dos borrões, de um mozaico complicado de polígnos entrecruzados.

É que um bom aluno do curso dos liceus, com bastante prática de problemas e bem treinado em desenho, pode não ter geito algum para engenheiro!

*

* *

Conheci um rapaz que teve de sujeitar-se em Portugal a provas do tipo que preconizo para conseguir ingressar numa escola de engenharia. Seu avô tinha sido advogado e seu pai seguira a mesma profissão. O menino estava destinado a manter o escritório tradicional da família paterna, mas começou por mostrar tanta relutância pelo latim como atracção pelas carpintarias. Um velho amigo da família, mais admirador dos progressos científicos que das glórias do foro, reconhecendo as qualidades do rapaz para engenheiro, tratou de conspirar contra a tradição, quer instingando-o a dedicar-se à vida para que mostrava habilidade, quer fazendo ver ao pai que estava ali uma vocação que não devia ser contrariada. Todos os pretextos eram aproveitados para fazer triunfar essa ideia. Sem se dar por isso, o rapaz aprendera a servir-se tanto da enxó como do malho do ferreiro ou da colher do pedreiro; ora consertava um carro, ora ajudava á reconstrução dos muros. Um dia surgiu a necessidade de uma obra complicada na quinta em que a família passava o verão. Um enorme eucalipto estendera um grande braço sobre o telhado do celeiro, danificando-o constantemente e ameaçando-o de esmagamento. O caseiro propunha que, se cortassem primeiro os ramos, depois os troncos em troços pequenos, até ficar só a grossa base já fora da prumada do telhado para ser cortada sem perigo.

Sempre presente em tais ocasiões, o candidato a engenheiro expoz o que gizara para se cortar desde logo, pela arreigada, o braço ameaçador sem que a rama tocasse sequer no telhado. A licença para pôr em execução tal plano veio porque o caseiro se rendeu à curiosidade da experiência.

Uma forte corda foi passada em duas ou três voltas do alto do eucalipto aos ramos da pernada, em altura um pouco para lá do seu centro de gravidade. Feito isso, o próprio comandante da manobra amarrado à árvore para se aguentar no balanço final, pôs-se a cortar a arreigada do tronco a golpes de machado. Primeiro a rama descaiu um pouco retezando as cordas, a seguir estalou pelo golpe o enorme braço lenhoso e escorregou ao longo da árvore, fazendo com o seu peso erguer, afastando-o do telhado lentamente, o perigoso docel.

O pai, abalado pelo orgulho na façanha do filho não pôde resistir mais à argumentação do persistente padrinho de engenheiros. Veja, — dizia este — que se trata de uma verdadeira obra de engenharia: a concepção geral, os cálculos do centro de gravidade e da resistência da corda, os pormenores de execução! O rapaz tem de ser engenheiro!

A história conta-se como exemplo de aptidão natural e de auto-preparação que circunstâncias extraordinarias consentiram, para se salientar que nem todos os rapazes se lembram de experimentar as suas habilidades e que a poucos é dado dispor de um campo de experiências.

O interesse pela profissão manifesta-se em geral desde a adolescência, mas há muitos casos em que o meio desvia as atenções do próprio ou não lhes deixa manifestar a inclinação. Outras nada obsta a que o estudante com vocação se matricula num curso de engenharia, mas isso é feito antes de se ter revelado a si próprio e de ter adquirido o amor da profissão que tudo encaminha para a formação de um engenheiro digno do título.

A vida passa-se nas cidades, entre o futebol e o cinema, sem nunca se ter olhado com atenção para uma oficina ou uma obra. Os que frequentam os campos, estiraçam-se nas sombras lendo romances, ou passeiam, sem nunca examinarem o funcionamento do moinho de vento ou da nora, sem aprenderem como se carrega um casco de vinho ou uma grande pedra e como se fazem outras operações em que o homem multiplica a sua força ou vence grandes obstáculos com ferramentas simples e um pouco de imaginação. Por isso mesmo, muitos estudam matemática e física e adquirem prática na resolução de problemas, como quem aprende a jogar o «bridge» ou o «xadrez»: decorando regras e exemplos.

Devemos, portanto, orientar a educação da mocidade e organizar os cursos secundários de forma a conseguir-se de uma forma geral resultado idêntico ao do exemplo acima. Recorramos a exames de admissão que permitam afirmar com segurança, quanto às qualidades dos candidatos, o mesmo que foi afirmado pela pessoa citada a respeito do seu pupilo.

Não importa que tirem cursos de engenharia os que depois se limitam a ser administradores de empresas ou políticos (já ganharemos alguma coisa profissionalmente porque tais lugares, em Portugal, costumam ser desempenhados por advogados), mas *precisamos que se deixe amplo lugar aos que têm aptidão para vir a ser bons engenheiros.*

A primeira vantagem desta regra, estará na atmosfera verdadeiramente técnica que se respirará na escola para estímulo de professores e alunos.

*

* *

Lembremo-nos que as primeiras obras de engenharia foram, sem dúvida, a criação da alavanca e do rolo, da cunha e do machado, a que se seguiu a construção das cabanas, das pontes de troncos, dos carros e dos barcos. Assim a engenharia é, na sua origem, a faculdade de satisfazer uma necessidade instintiva e insaciável do mais fácil e mais rápido, a faculdade de utilizar por mil formas diversas as forças da natureza, e de criar novas combinações ou novos aspectos da matéria para nosso serviço ou prazer. Como todas as faculdades naturais, existe em maior ou menor grau em todos os homens normais, mas não vale a pena aos menos dotados procurar desenvolvê-la.

Desde as sociedades primitivas que o homem deixa aos mais háheis para isso a missão de atingir cada objectivo visionado pelo anseio de todos; porém, decorridos tantos milénios — porque o erro é companheiro do homem — é preciso ainda lembrar tão consagrado bom senso!

Portugal, país de oito milhões apenas de habitantes na Europa, cabeça de um Império no mundo febril de hoje, não será demasiado todo o esforço que faça para possuir uma engenharia nacional de alto valor e grande capacidade produtiva.

Temos de aproveitar todas as aptidões, todas as inteligências criadoras, descobrindo-as e acarinhando-as. É indispensável que se chame a atenção da mocidade para as ferramentas simples e para as pequenas descobertas de que nasceu todo o progresso, porporcionando-lhe assim meios de se revelarem aqueles que podem vir a formar o corpo de engenheiros de que a Nação necessita.

Para isso, o desembaraço no banco de carpinteiro e na forja, e o conhecimento das ferramentas de serralheiro e de pedreiro, ao lado da prática do desenho geométrico (a lápis) e das operações elementares dos laboratórios de física e química, devem estar na base da prova de admissão na escola, como terão de estar presentes ao longo de toda a formação do engenheiro. Um aluno assim preparado relaciona constantemente a matéria das diferentes cadeiras e a experiência dos laboratórios com o objectivo final, o que é a primeira garantia da eficácia deste.

Ao dizê-lo, não esquecemos o papel da matemática e sabemos que só pode ser um bom engenheiro o que, sem esforço, se familiarize com os métodos desta, o bastante para poder compreender inteiramente, traduzidas em fórmulas, as leis que regem os fenómenos. Mas o engenho natural é geralmente acompanhado da facilidade de raciocínio no campo abstracto dessa ciência.

Não menos importante é o conhecimento da psicologia humana e das leis sociais, porque ao engenheiro pertence a orientação e o comando de homens: nos programas da escola de engenharia, não só numa cadeira especial mas em tudo que com ela se relacione, deve figurar essa matéria. Porém, o conhecimento dos ofícios rudes, a convivência com os respectivos operários e o contacto com o ambiente das oficinas terão acordado, antes, no aluno (se isso lhe for exigido como condição) o interesse por um problema que envolve a dignidade própria e a alheia.

*

* *

Já se fez notar que pouco significa a aptidão para a profissão de engenheiro se ela não se concretiza numa modalidade bem definida. É uma das responsabilidades da escola de engenharia continuar o exame de aptidão através da parte comum do seu ensino, de forma que a divisão dos alunos pelos cursos especiais se faça segundo as suas aptidões naturais e não segundo a previsão individual de «saídas» possíveis e de «proventos» prováveis.

Limite-se o número de admissões em cada curso e facilite-se a derivação para outras carreiras dos não admitidos, ou procurem-se maneiras mais eficazes e justas do que essas de harmonizar os interesses da Nação com os individuais; o essencial é que o critério da aptidão seja respeitado para o ingresso em cada curso especial.

Mas não estará tudo feito! O número de cursos que a escola pode oferecer é forçosamente limitado — sob pena de se estabelecer a confusão profissional — pelo que, dentro de cada curso, haverá sempre ramos científica e tècnicamente bem diferenciados, que exigirão aptidões distintas. A escola não o pode esquecer: preparar engenheiros, perante a complexidade da ciência e da técnica de hoje, é preparar especialistas!

Seja em desenvolvimentos voluntários dos programas das cadeiras, seja em recantos reservados dos laboratórios, seja em lições privativas com notabilidades, seja em tirocínios industriais e missões no estrangeiro, os mais aptos devem ter sempre possibilidade de dar mais um passo, sem tropeçarem nos que devem seguir outro caminho.

Assim teremos engenheiros competentes para o exercício da profissão em todas as suas modalidades.

PUBLICAÇÃO N.º 3 DO CENTRO DE ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

ESTACAS PARA FUNDAÇÕES

PELO ENG.º CIVIL FERNANDO VASCO COSTA
Assistente do I. S. T. e Bolseiro do I. A. C.

624.154/5

(Continuação)

CAPÍTULO III

Estacas metálicas

29 — Vantagens e inconvenientes

A principal vantagem das estacas metálicas reside no facto de, em quase todos os terrenos, aliarem a facilidade de cravação a uma grande capacidade de carga.

A cravação, por virtude de consistir apenas no corte do terreno, e não na sua compressão ou deslocação lateral, é bastante fácil.

A capacidade de carga das estacas metálicas, mesmo quando devida ùnicamente ao atrito lateral, é, graças à grande superfície em contacto com o terreno, muito elevada.

Por aliarem as duas qualidades, facilidade de cravação e grande capacidade de carga, as estacas metálicas podem ser cravadas até atingirem uma cota prèviamente fixada, sem necessidade de, como aconteceria com estacas de madeira ou de betão, se fazer depender essa cota do comportamento da própria cravação.

Esta vantagem permite evitar o corte ou o acrescentamento das estacas e cravá-las, quando em tal haja conveniência, já com furos abertos ou tendo fixadas peças destinadas à ligação a outros elementos de construção. Sabe-se de antemão que esses furos ou peças de ligação poderão ficar à cota desejada, havendo larga margem de segurança no respeitante a capacidade de carga.

A fig. 59 representa, como exemplo desta vantagem, um tipo de estacada cujo contraventamento só é possível executar, sem auxílio de mergulhador, empregando estacas metálicas. A cravação das estacas é feita tendo já fixados os troços inferiores dos tirantes. Os esticadores, tendo ficado acima do nível da água, podem ser apertados com toda a comodidade.

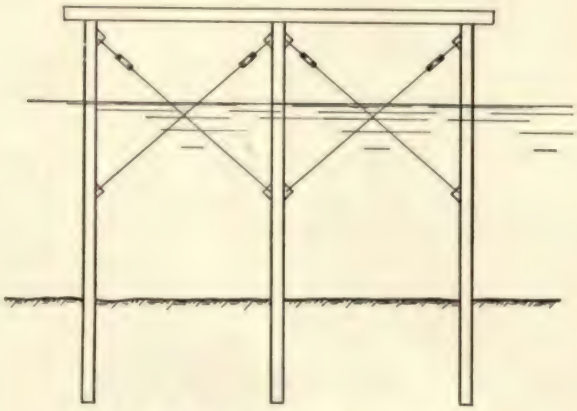


Fig. 59 — Estacada metálica

Em pilares de viadutos para o atravessamento de grandes vales, com rios ainda não regularizados, tem-se adoptado na América estacas de metal. Cravando as estacas dos pilares a grande profundidade, mesmo que, por ocasião de cheias, se verifiquem infra-escavações, a obra não perigará.

Como as estacas metálicas suportam perfeitamente a cravação e o arranque repetidos, sem se danificarem, elas prestam-se, apesar do seu custo elevado, a serem empregadas com economia em construções provisórias.

O modo como as estacas metalicas resistem à cravação, mesmo quando esta é difícil, leva a preferir o seu emprego sempre que seja de recear a existência no solo de restos de velhas construções, ou outros obstáculos capazes de danificarem estacas de madeira ou de betão.

As estacas metálicas apresentam a vantagem de, desde que existam em estaleiro, poderem ser imediatamente cravadas e, logo em seguida, postas em serviço, ao contrário do que acontece em geral com as estacas de betão.

Em andaimes que sirvam de caminho de rolamento de aparelhagem de construção civil (guindastes, bate-estacas, etc.), esta vantagem é especialmente valiosa, pois permite que a mesma estaca, com pequenos intervalos de tempo, possa prestar serviço em lugares diferentes. Deste modo é possível reduzir a um mínimo o número de estacas necessárias aos andaimes, mesmo em obras que se desenvolvam em grande extensão (fig. 60).

No andaime de serviço empregado na construção do Porto de Lobito (Lobato

Fig. 60 — Ponte de serviço provisória que, com o auxílio de um martelo americano, se monta e desmonta com facilidade

1937) foi possível, em média, empregar 5 vezes cada estaca.

O diminuto peso das estacas metálicas pode representar uma notável vantagem quando haja conveniência em reduzir a um mínimo o peso total duma construção a fundar em maus terrenos.

Ainda o seu reduzido peso, aliado à possibilidade de se poderem arrumar ocupando muito pouco espaço, é que tem permitido transportá-las e empregá-las, com vantagem económica, em regiões longínquas, desprovidas de recursos técnicos, por exemplo em portos coloniais.

A facilidade com que as estacas metálicas podem ser cortadas ou acrescentadas por soldadura é também uma vantagem notável, especialmente se o terreno for mal conhecido e não se puder ajuizar, a priori, qual o comprimento necessário a dar a cada estaca.

Quando se não disponha de bate-estacas com altura suficiente para a cravação de estacas compridas, a facilidade com que as estacas metálicas são acrescentadas permite que a cravação se faça por troços; crava-se o troço inferior até ficar o seu topo à superfície do terreno, solda-se a parte restante e crava-se depois o conjunto.

O corte das estacas-pranchas debaixo de água é possível. Utilizam-se para esse fim maçaricos oxi-acetilénicos de modelos especiais, manobrados por mergulhador (Dean 1935, pág. 88).

Em terrenos argilosos a estaca metálica é normalmente a mais indicada. Como veremos adiante (parágrafo 47), a cravação de estacas de madeira ou betão (que comprimem o terreno) pode alterar a estrutura duma argila, tornando-a pior, como terreno de fundação, do que era antes de cravadas as estacas (Casagrande 1932).

A estaca metálica, limitando-se a cortar o terreno, causa nele um mínimo de perturbação.

Acerca da duração das estacas-pranchas têm-se suscitado certos receios. Como o seu emprego foi iniciado há poucas dezenas de anos, a experiência ainda não permite ajuizar, com segurança, do comportamento com o rodar dos tempos.

Mediante o emprego de aços especiais, com cobre, é de admitir que, mesmo em obras marítimas, elas venham a durar séculos.

As estacas metálicas prestam-se a servir como estacas de tracção, para o que podem ser munidas com ponteiras especiais.

O único defeito das estacas metálicas reside no seu custo bastante elevado. Por isso o seu emprego, em grande escala, se encontra quase limitado à utilização sob a forma de estacas-pranchas.

30 — Tipos de estacas

É grande a variedade de perfis empregados para estacas metálicas.

Sempre que as estacas sejam destinadas a um emprego provisório há vantagem em escolher para elas um perfil que possa encontrar outra aplicação da obra.

Por esse facto, se empregam muitas vezes, como estacas, aços laminados de perfil I e tubos redondos.

A fábrica Krupp e outras têm, no entanto, perfis especiais para estacas. A estes perfis dá-se uma forma próxima da circular, para obtenção dum grande momento de inércia, com pequenas caneluras longitudinais, destinadas a aumentarem a resistência da parede aos elevados esforços provenientes da cravação.

Na América há perfis especiais, de secção H, para estacas (Jacoby 1941, pag. 198),

Como estacas para fundações recorre-se, com frequência, ao emprego de estacas-pranchas soldadas entre si, de modo a formarem prismas. Na fotografia da fig. 61 veem-se estacas constituídas por pares de

Fig. 61 — Estacas constituídas por pares de perfis Larssen, soldados

Fot. do A.

estacas-pranchas «Larssen», ligados por soldadura.

Em terrenos arenosos tem sido prática frequente o emprego de estacas metálicas tendo na ponta um disco ou uma hélice (fig. 62). As estacas com disco são descidas por injecção de água; as de hélice por injecção de água ou por rotação.

Há actualmente grande divergência de opiniões acerca da utilidade das pontas

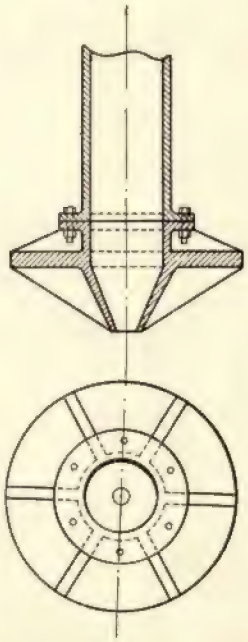


Fig. 62 — Ponteira de estaca metálica

especiais para estacas metálicas. Há quem lhes atribua interesse apenas histórico, dado que elas pouco aumentam a capacidade de carga e impedem que as estacas possam ser cravadas com facilidade (Jacoby 1941, pag. 217). Por outro lado, há quem afirme que elas permitem um considerável aumento das cargas (Morgan, 1944).

31 — Estacas tubulares

Para suportar grandes cargas empregam os americanos estacas de aço, que enchem, muitas vezes, depois de cravadas, com betão. Claro que estas estacas são óptimas sob todos os pontos de vista: grande resistência em pequena secção, facilidade de cravação e duração ilimitada.

Elas têm muito de comum com as estacas de betão moldadas no terreno sem recuperação do molde. A diferença reside apenas em que o tubo, que nas estacas moldadas servia apenas de invólucro ao betão, é aqui o principal elemento resistente.

Nas fundações dos grandes arranha-céus da América tem-se feito largo emprego de estacas deste tipo, por vezes com diâmetros superiores a um metro.

Tubos com parede espessa (até 22 mm, sendo a espessura normal 10 mm) podem cravar-se em terrenos onde, por virtude da existência de seixos ou restos de construções de madeira, estaria absolutamente interdita a cravação de estacas menos resistentes.

Estas estacas podem ser munidas de ponteira, o que pressupõe um terreno que permita a cravação com certa facilidade, ou ser abertas na extremidade inferior. Neste último caso, por jacto de água, ou com a aparelhagem vulgar de sondagem, remove-se o terreno de dentro do tubo metálico, antes de proceder ao seu enchimento com betão.

Em qualquer dos casos convém, tal como para as estacas betonadas dentro de molde perdido, antes de se iniciar o enchimento com betão, verificar, fazendo descer dentro dele uma lâmpada eléctrica, se o tubo se encontra perfeitamente em ordem.

Sobre exemplos de fundações deste tipo veja-se Jacoby e Davis (1941, pag. 211).

32 — Estacas-pranchas metálicas

Há fortes razões para o aço ser quase que o único material empregado em estacas-pranchas.

À madeira ainda por vezes se recorre mas apenas para trabalhos de pouco vulto e para ensecadeiras de pequena altura.

O betão armado julgamos poder afirmar que se encontra quase posto de parte.

A cravação de estacas justapostas é sempre difícil, especialmente a de estacas volumosas. As estacas metálicas, por apenas cortarem o terreno, sem necessidade de o deslocarem lateralmente, são as que melhor se prestam a ser cravadas em cortina.

Quer devido à impulsão da água quer à das terras, são geralmente grandes os momentos flectores que se verificam nas cortinas de retenção. Às estacas-pranchas metálicas, mais fàcilmente do que às de qualquer outro material, podem ser dadas secções que lhes permitam, sem necessidade de grande peso, resistir a esses momentos flectores.

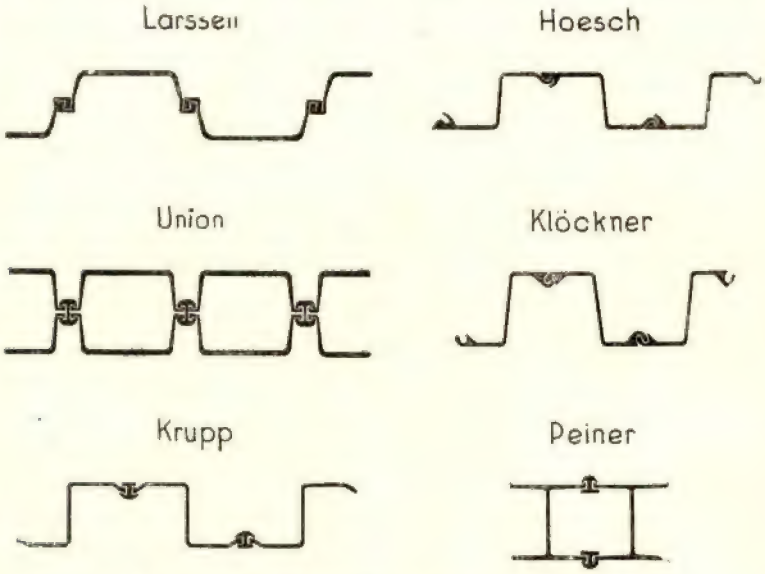


Fig. 63 — Tipos europeus de estacas-pranchas

Como os acidentes com estacas-pranchas se verificam sempre nas juntas, convém que sejam estas as zonas mais espessas das estacas-pranchas. Isto, também, só se pode obter com o aço.

Na fig. 63 estão representados os principais tipos europeus de estacas-pranchas. As suas formas permitem a obtenção dum elevado momento resistente com um mínimo de peso.

Todas as fábricas fornecem para cada tipo vários tamanhos, alguns dos quais com espessuras reforçadas.

Os tipos apresentados prestam-se para ser empregados em ensecadeiras, paredes de eclusas, muros-cais, etc. (Ver figs. 64 a 69).

Na América faz-se largo emprego de estacas-pranchas do tipo Lackawanna (fig. 70). Este tipo tem uma secção que se presta mal

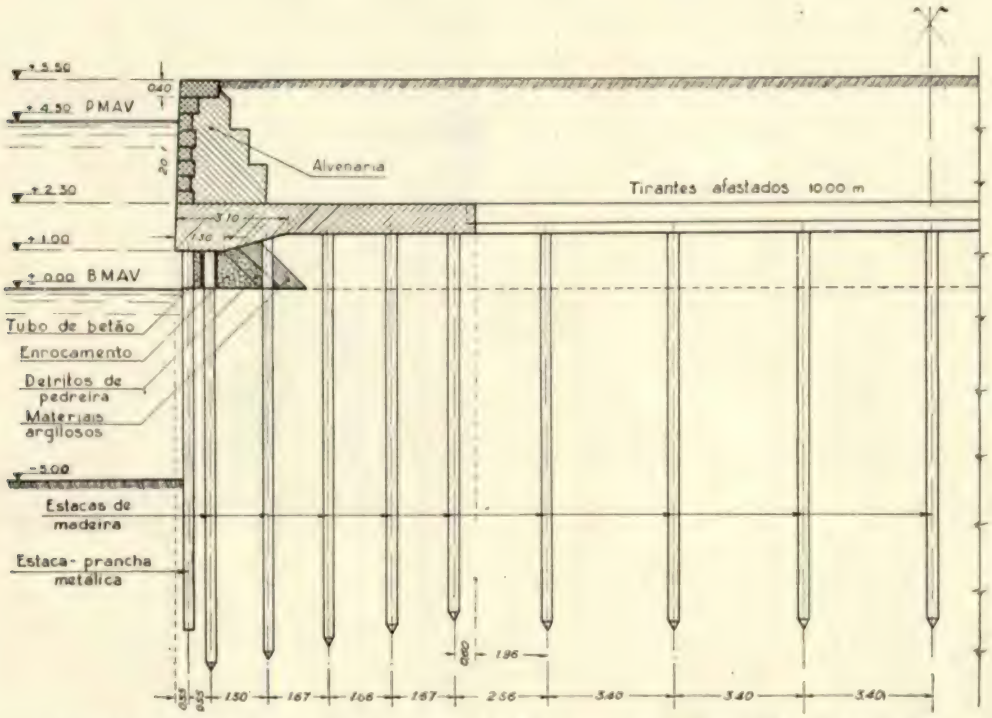


Fig. 64 — Perfil do muro-cais do Alfeite, fundado sobre estacas de madeira e limitado por uma cortina de estacas-pranchas metálicas

Fig. 65 — Vista do muro-cais da Fig. 64 durante a construção, num baixa-mar de águas vivas

Fot. do A.

Fig. 66 — Aspecto do muro-cais da Fig. 64 quase concluído

Fot. do A.

a resistir a esforços de flexão. Apresenta a vantagem de poder ser cravado fazendo curvas apertadas, e de ser económico. As

suas juntas têm provado muito bem para resistir à tracção.

Por isso na América, quando se pretende construir ensecadeiras de grande altura, em vez de, tal como na Europa, se cravarem duas cortinas rígidas paralelas, ligadas por

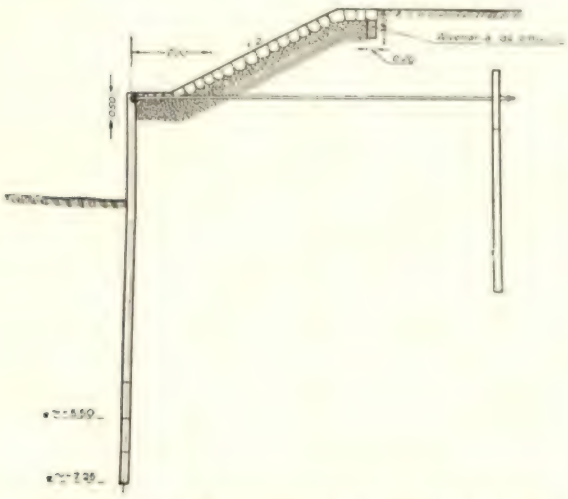


Fig. 67 — Perfil de um empedrado suportado na base por uma cortina de estacas-pranchas metálicas

Fig. 68 — A mesma obra da Fig. 67 no início dos trabalhos. As estacas do primeiro plano destinam-se à ancoragem da cortina da frente Fot. do A.

tirantes, com as estacas a trabalhar à flexão (fig 71-a), prefere-se cravar arcos de círculo, constituídos por estacas tipo Lackawanna, que, depois de cheios os intervalos com areia, trabalhem quase exclusivamente à tracção (fig. 71-b). (Travaux 1937, pág. 556).

As estacas do tipo La-kawanna prestam-se para pequenas ensecadeiras de paredes rectilíneas (fig. 72 e 73).

Fig. 69 — Aspecto da obra das Figs. 67 e 68 quase terminada Fot. do A.

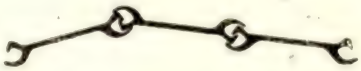


Fig. 70 — Estaca prancha Lackawanna

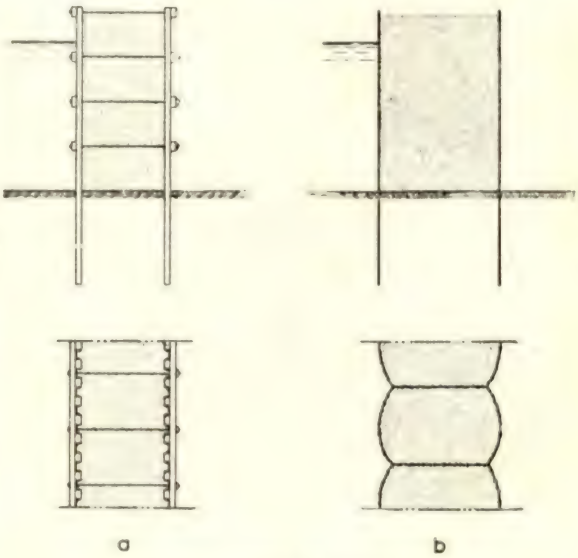


Fig. 71 — Tipos de ensecadeira

Quando são empregadas nestas condições obrigam, por motivo do seu reduzido módulo

de resistência $\left(\frac{I}{v}\right)$, a um forte contraventamento.

Estas estacas prestam-se ainda, com economia, para circundar, dentro de terrenos

Fig. 72 — Execução duma ensecadeira para o pilar duma pequena ponte

Fot. do A.

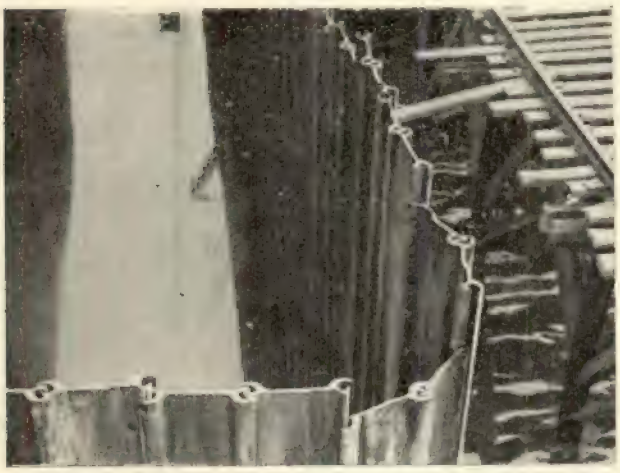


Fig. 73 — Pormenor da ensecadeira da Fig. 72

Fot. do A.

permeáveis, zonas onde se queira provocar um abaixamento do lençol aquífero. Desde que o terreno não seja escavado até junto da cortina de estacas, pode dispensar-se o contraventamento.

As estacas-pranchas metálicas, ao contrário do que se verifica com as de madeira e as de betão armado, podem ser empregadas repetidas vezes, especialmente se o terreno permitir uma fácil cravação.

Sobre outros tipos de estacas-pranchas metálicas, veja-se Dean (1935), Agatz (1934) e Lamp (1930).

Sobre cravação de estacas-pranchas, consulte-se Agatz (1933) e Benrath (1934).

CAPÍTULO IV

Estacas de areia

33 — Condições de emprego

As estacas de areia não são pròpriamente estacas, e, ao contrário do que acontece com as de madeira, as de betão e as metálicas, não suportam directamente cargas; apenas tornam o terreno em que sejam encorporadas mais apto para as suportar.

Consegue-se isto provocando prèviamente a compactação do terreno pela cravação de estacas, geralmente de madeira. Retirando-se depois as estacas e enchendo-se os buracos com areia, a compactação é mantida desaparecendo o perigo de apodrecimento da madeira.

Terzaghi, numa conferência feita no México (1936-b), conta como, pelo emprego de estacas de areia, resolveu um difícil problema de fundações. Tratava-se da construção dum enorme edifício, em Nuremberg, sobre uma areia mergulhada num lençol de água. A água, por conter 14 miligramas de anidrido carbónico por litro, interdizia o emprego de estacas de betão. A areia, em si, era boa; só lhe faltava compacidade. Para a obter foram utilizadas estacas de areia.

Na execução dessas estacas usou-se um processo semelhante ao da execução das estacas Franki, mas enchendo o molde com areia em vez de betão.

O emprego de estacas de areia deve evitar-se onde seja de recear que, mais tarde,

se possa vir a proceder a escavações, à abertura de túneis, etc.

Se existirem movimentos de água subterrânea é necessário assegurar que a areia não possa ser arrastada.

Em vez de areia pode, para o enchimento de buracos feitos no terreno com o fim de o compactar, utilizar-se também qualquer outro material, desde que satisfaça à condição de ser incompressível e inalterável com o tempo.

Na revista «Civil Engineering» de 1944, pág. 515 descreve-se a execução, debaixo de água, por meio de jacto, de estacas de areia destinadas à fundação de um cais.

CAPITULO V

Processos empregados para afundar no terreno as estacas e os seus moldes

34 — Generalidades

Os processos empregados para promover o afundamento das estacas, ou dos seus moldes para as estacas betonadas no solo, são muito variados.

São causas dessa variedade:

1) diversidade dos materiais empregados nas estacas
2) terrenos de fundação
3) aparelhagem disponível
4) quantidade de estacas a executar
5) condições especiais de trabalho

Nem sempre é fácil a escolha do processo de levar uma estaca ao seu lugar. O processo mais usual é a cravação. Além desta também se empregam a perfuração no terreno, a colocação de estacas dentro de furos abertos no solo, a injecção de água, o aparafusamento e a prensagem.

Nos parágrafos seguintes estudaremos sumàriamente todos estes processos.

35 — Cravação

É o processo mais antigo e, como dissemos, o mais empregado. Consiste em, por meio de percussões aplicadas à cabeça duma estaca, a obrigar a enterrar-se no terreno.

A cravação pode também ser aplicada aos moldes dentro dos quais são betonadas alguns tipos de estacas moldadas no solo.

Os aparelhos empregados na cravação de estacas chamam-se bate-estacas e podem ser de variados tipos.

35-1 — Bate-estacas manual

O tipo mais usual é constituído por um cilindro de aço, que serve de pilão, enfiado numa guia metálica que se fixa à cabeça da estaca (figs. 74 e 75).

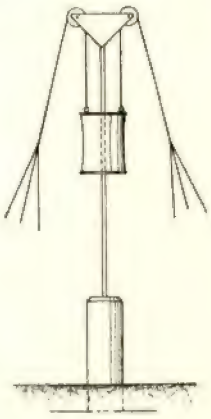


Fig. 74 — Bate-estacas manual

Fig. 75 — Bate-estacas manual em actividade

Fot do A

Puxando por cordas amarradas ao pilão, que passam por roldanas presas à extremi-

dade superior da guia, provoca-se a sua subida. Largando as cordas, o pilão, em queda guiada, vai embater contra a cabeça da estaca.

O peso do pilão pode variar entre 50 e 200 kg e o número de pancadas por minuto entre 7 a 10. A altura da queda é geralmente de um metro.

35-2 — Bate-estacas de queda livre

Embora já um pouco antiquado, ainda presta muitos serviços, especialmente na cravação de estacas de madeira e na de moldes para estacas moldadas.

É constituído por um pilão que corre ao longo dumas guias fixadas a uma estrutura ligeira, geralmente de madeira (fig. 76).

O accionamento do guincho que faz subir o pilão pode ser manual (fig. 77) ou mecânico (fig. 78).

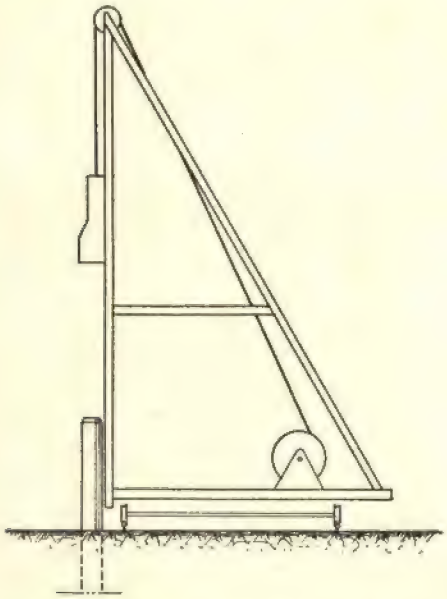


Fig. 76 — Bate-estacas de queda livre

O modo por que o pilão, ao chegar à sua posição mais elevada, se solta do cabo que o suspende, varia muito com os construtores.

O peso do pilão regula entre 200 kg e 2.000 kg. A altura de queda pode ir até 6,00 m. Mesmo que haja a possibilidade de utilizar alturas superiores não convém empregá-las muitas vezes, para uma mesma estaca, pois isso pode ocasionar a sua rutura.

Com um bate-estacas de queda livre podem dar-se 5 a 10 pancadas por minuto.

Fig. 77—Bate-estacas flutuante de accionamento manual em serviço na Ria de Aveiro

Fot. do A.

Fig. 78 — Bate-estacas de queda livre trabalhando no Alfeite

Fot. do A.

Sobre bate-estacas deste tipo consulte-se Noë e Troch (1920).

35-3 — Bate-estacas a vapor

Ultimamente está sendo dada preferência aos bate-estacas a vapor (fabricados por Menck & Hambrock, Lacour, Warrington--Vulcan, etc.).

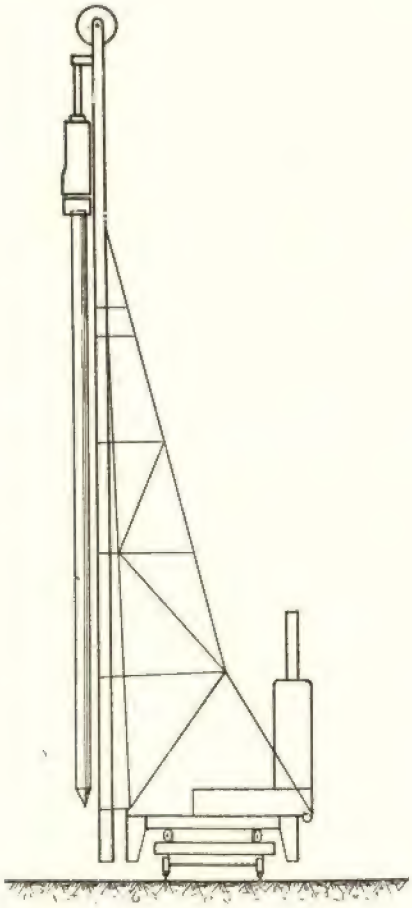


Fig. 79 — Bate-estacas a vapor

Fig. 80 — Bate-estacas a vapor montado em cima de batelões

Fot. da Somec

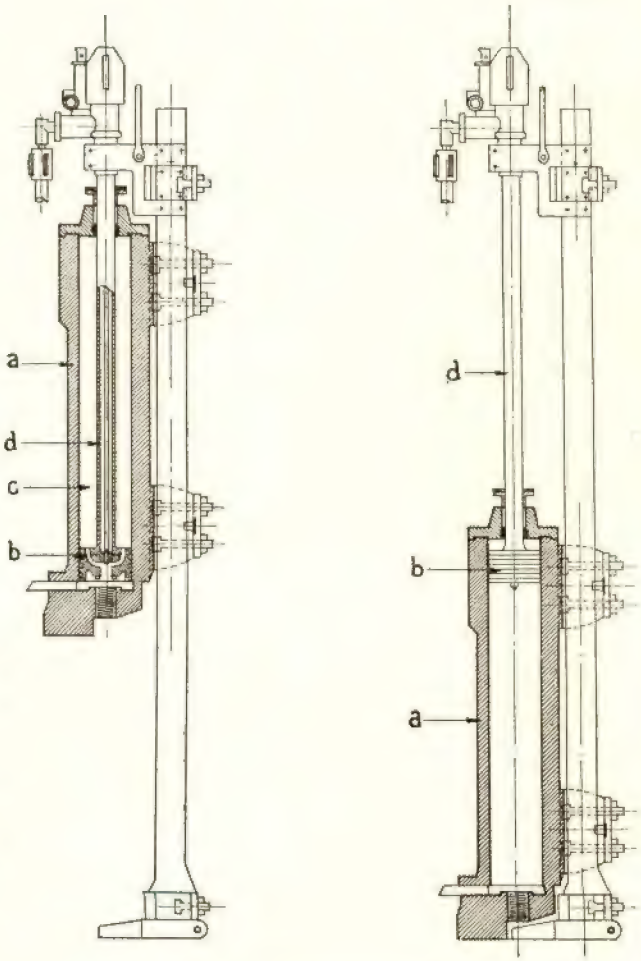


Fig. 81 — Pilão Menk e Hambrok

O bate-estacas a vapor tem um aspecto muito semelhante ao do bate-estacas de queda livre (fig. 79), mas o seu pilão tem um funcionamento completamente diferente.

A figura 81 representa o tipo corrente de pilão empregado nestes bate-estacas.

O pilão é formado por duas partes: o cilindro de paredes espessas (a), que constitui o pilão pròpriamente dito, e o seu êmbolo (b) com o respectivo suporte.

O vapor, recebido duma caldeira por

intermédio dum tubo flexível, ou rígido com articulações, entra para a câmara superior (c) do cilindro, através da haste ôca (d).

A admissão e o escape de vapor são comandados por uma vareta existente dentro da mesma haste.

Para proceder à cravacão duma estaca coloca-se esta em frente das guias e faz-se descer o conjunto referido até que o capacete, que geralmente anda suspenso do pilão, fique enfiado na cabeça da estaca e o peso do conjunto descarregando sobre a estaca.

Quando se dá a admissão de vapor para dentro do cilindro, este sobe, continuando o peso do conjunto a descarregar sobre a estaca por intermédio da unha que existe na extremidade inferior.

Fig. 82 — Bate-estacas a vapor com a altura de 30 metros cravando estacas inclinadas no Alfeite

Fot. da Somec

Ao dar-se o escape o cilindro cai e embate com a estaca. Com o afundamento desta no terreno, o conjunto cilindro e êmbolo desce apoiado sobre a estaca.

Estas operações repetem-se as vezes necessárias para afundar a estaca até à cota desejada.

A rapidez com que são dados os choques no bate-estacas a vapor é muito vantajosa para a cravação.

Há terrenos que só consentem a cravação quando esta é feita à custa de percussões muito seguidas. Nesses terrenos, com bate-estacas de queda livre não se consegue, por vezes, mais do que amachucar a cabeça da estaca, ao passo que, com bate-estacas a vapor, actuando ràpidamente, já se consegue levar sem dificuldade esta ao seu lugar.

Os bate-estacas a vapor são quase sempre muito possantes e encontram-se montados em cima de plataformas dotadas de movimento de rotação e translação, o que permite tirar deles grande rendimento (figs. 79 e 83).

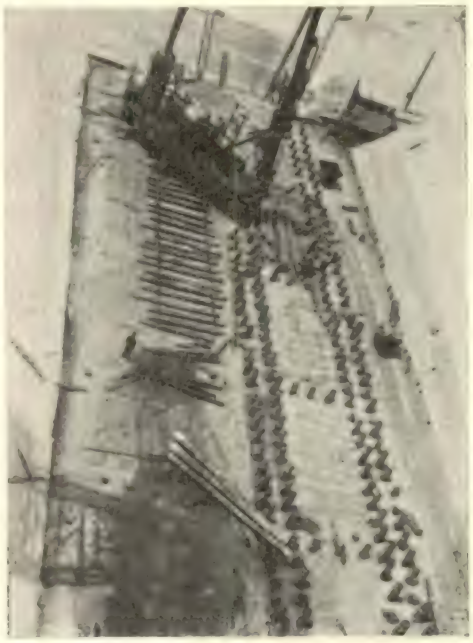


Fig. 83 — Bate-estacas a vapor cravando estacas de madeira para uma carreira de construção de barcos

Fot. do Arsenal do Alfeite

O peso dos pilões varia entre 800 kg e 4 000 kg, e a altura de queda regula por $1^{m},20$. Podem dar até 40 pancadas por minuto.

Os bate-estacas a vapor permitem, em geral, a cravação de estacas inclinadas até 1:3,5 com as guias deitadas para trás, e até 1:9 com as guias tombadas para a frente. Desde que se não utilize a altura total do bate-estacas, é geralmente possível exceder este último limite.

Na América empregam-se bate-estacas cujas guias podem ser tombadas para os lados (ver Jacoby e Davis 1941, figuras das págs. 111 e 177).

Esta faculdade permite evitar muitas deslocações ao bate-estacas e permite, avançando o bate-estacas sobre o troço já construido, efectuar a cravação de estacadas com estacas inclinadas lateralmente. Deste modo se dispensa a cravação com material flutuante.

Ultimamente alguns construtores têm fabricado guindastes que podem também servir como bate-estacas a vapor.

A tendência actual é para conseguir cada vez mais facilidade de manobra e para desenhar aparelhos que numa mesma obra possam encontrar variadas aplicações.

35-4 — Martelo americano

O martelo americano, também chamado pilão de duplo efeito, é o mais moderno processo de cravação. É fabricado por Mc Kiernan-Terry, Union, Demag-Union, etc.

A velocidade de cravação é elevadíssima, chegando a ultrapassar as 200 pancadas por minuto.

Difere fundamentalmente do pilão do bate-estacas a vapor por nele a pressão do vapor ser utilizada não só para subida mas também para acelerar a descida do pilão.

Como atrás vimos, ao falar no pilão do bate-estacas a vapor, neste o êmbolo estava fixo e as paredes do cilindo é que subiam e desciam. No martelo americano o êmbolo é móvel e as paredes do cilindro são fixas (fig. 84).

Algumas firmas, fabricam, no entanto, pilões de duplo efeito em que é o cilindro, e não o êmbolo, que constitui a massa chocante. Podem citar-se, nestas condições, os pilões Industrial Works e Goubert (Noë e Troch 1920, pag. 207).

O martelo americano trabalha fixado à própria estaca, recebendo o vapor duma caldeira por intermédio dum tubo flexível (figs. 85 e 86).

O martelo americano presta-se também a trabalhar com ar comprimido e, quando accionado deste modo, pode funcionar mesmo debaixo de água (ver parágrafo 35-9).

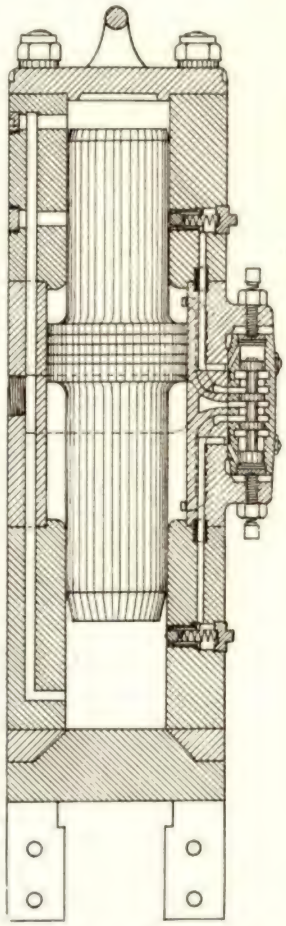


Fig. 84 — Martelo McKiernan-Terry

Por o martelo americano não necessitar de guias para o manobrar e colocar em posição, em vez duma construção especial, como acontece com os bate-estacas de queda livre e a vapor, emprega-se um guindaste vulgar ou apenas uma pequena grua. Essa grua apenas é necessária para efectuar as mudanças de posição do martelo (fig. 87).

O peso do êmbolo varia entre 200 e 1.400 kg e o peso do conjunto entre 2.000 e 5.000 kg.

Com o martelo americano podem cra-

var-se estacas com grandes inclinações (fig. 88).

Fig. 85 — Cravação de estacas na estrada marginal de Cascais

Fot. do A.

Fig. 86 — O mesmo martelo da fig. 84 visto noutra posição

Ele presta-se especialmente à cravação de estacas-pranchas.

Agatz é contra o emprego de martelos rápidos na cravação de estacas de betão, por

Fig. 87 — Utilização da grua de manobra no intervalo das mudanças de posição do martelo americano

Fot. dum catálogo «Larssen»

estas poderem entrar a vibrar em ressonância com o ritmo da cravação. Cita acidentes

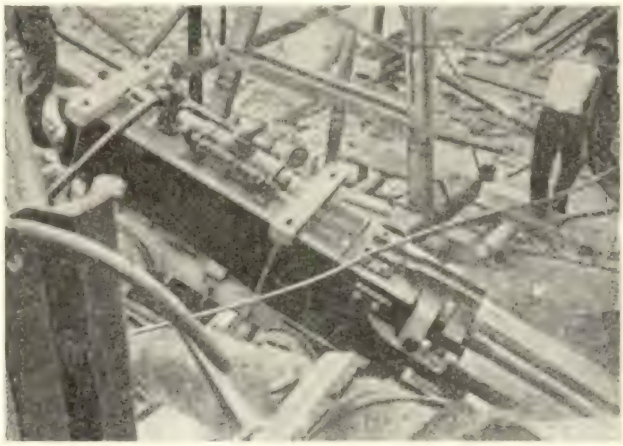


Fig. 88 — Cravação duma estaca quase horizontal

Fot. dum catálogo «Larssen»

verificados nessas circunstâncias (Agatz 1936, pág. 137).

Quase todos os martelos de duplo efeito, quando aplicados na posição invertida, podem ser também utilizados como arranca-estacas.

Fig. 89 — Arranque de estacas no Alfeite (à direita)

Fot. da Somec

Para arrancar estacas, no entanto, vários construtores fabricam aparelhos especiais, como por exemplo as firmas Demag e Hoesch (fig. 89).

35-5 — Bate-estacas de explosão

Os bate-estacas de explosão têm um funcionamento muito semelhante ao dos aparelhos empregados na compactação de aterros, chamados vulgàrmente sapos.

Utilizam como combustível a gasolina ou o benzol. Por serem leves — o seu peso nunca vai além de 500 kg — são apenas empregados na cravação de pequenas estacas de madeira e de estacas-pranchas (figs. 90 e 91).

Os modelos mais ligeiros podem ser utilizados fixados à própria estaca, sem ajuda de qualquer estrutura especial.

Estes bate-estacas dão 40 a 60 pancadas por minuto com alturas de queda regulando,

Fig. 90 — Bate-estacas de explosão de 90 kg, manobrado de bordo

Fot. dum catálogo «Delmag»

Fig. 91 — Bate-estacas de explosão de 500 kg

Fot. dum catálogo «Delmag»

consoante os tipos, entre 40 a 80 cm. Prestam-se à cravação de estacas inclinadas.

São seus fabricantes as firmas Delmag e Hauhinco.

35-6 — Bate-estacas Diesel (sistema Seidl)

Estes bate-estacas, engenhados pelo prof. Seidl, são accionados como motores Diesel.

Ao contrário, porém, do que sucede nos motores, o êmbolo é fixo e o cilindro móvel. É o próprio cilindro, depois de ter sido atirado para cima em virtude da explosão, que funciona como pilão, ao descer em queda livre (fig. 92).

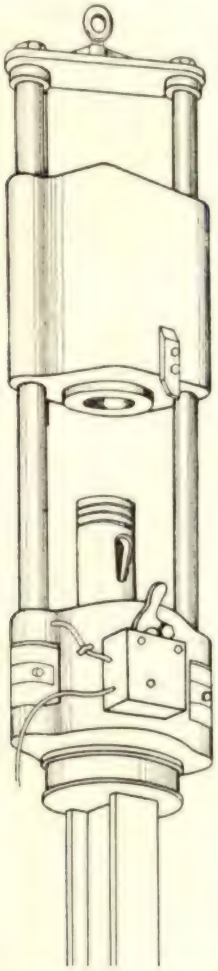


Fig. 92 — Bate-estacas sistema Seidl

O peso dos cilindros vai de 300 ou 400 kg, nos modelos ligeiros fabricados pela Delmag, a 1.800 kg, nos modelos pesados fabricados pela firma Menk & Hambrock. As alturas de quedas regulam entre 60 a 160 cm, o número de pancadas entre 50 e 70 por minuto.

35-7 — Escolha do processo de cravação

É muito caprichoso o modo de os terrenos se comportarem perante os diferentes processos de cravação descritos.

Por vezes, para romper uma delgada camada de terreno mais compacto, contra a qual nada poderia um moderno pilão a vapor, com pequena altura de queda, é absolutamente eficaz o emprego dum bate estacas de queda livre, de aparência antiquada, mas que permite, com uma única pancada, remover certos obstáculos.

Noutros terrenos é só o martelo de duplo efeito, mantendo a estaca permanentemente em vibração, que consegue fazê-la avançar. Uma paragem é, muitas vezes, o suficiente para permitir à estaca agarrar-se ao terreno; isto sucede em particular com estacas-pranchas nos terrenos argilosos.

Em terrenos dessa mesma natureza pode, também, verificar-se o fenómeno inverso: haver necessidade de interromper a cravação para que no terreno, com o tempo, desapareçam as tensões nele desenvolvidas (Brenecke e Lohmeyer, 1937, pág. 177).

Na cravação duma comprida cortina de estacas-pranchas no Arsenal do Alfeite, organizaram-se os trabalhos para que as estacas fossem colocadas nos seus lugares, e cravados os primeiros metros, com um bate-estacas a vapor, seguindo-se-lhe depois a cravação, até final, com um martelo pneumático.

Pretendia-se deste modo, por um lado, assegurar um bom alinhamento à cortina pelo emprego para a cravação dos primeiros metros dum aparelho em que a estaca é bem guiada, e, por outro lado, tirar-se partido, para vencer as dificuldades da cravação numa areia fina que se agarrava às estacas-pranchas, da velocidade do martelo americano.

O trabalho, nas suas linhas gerais, foi executado como estava previsto, mas o facto é que, por vezes, foi necessário tentar o bate-estacas a vapor onde o martelo americano nada conseguia, ou empregar este no lugar daquele, e isto muito embora fosse igual para ambos, teòricamente, a energia de cravação.

É geralmente mais de acordo com o material da estaca do que com a natureza do terreno que se escolhe o tipo de cravação. Sucede assim que quase sempre se cravam as estacas de madeira com pilões de queda

livre, as de betão com bate-estacas a vapor e as metálicas com martelos americanos.

Para a cravação de estacas de betão e metálicas com pilões de queda livre, seria necessário dar a estes tão grandes pesos e alturas de queda que certamente danificariam as estacas.

Tanto o bate-estacas a vapor como o martelo americano, se bem que geralmente empregados como dissemos atrás, se prestam à cravação de qualquer tipo de estaca.

A escolha do peso do pilão também é um problema que tem sido muito debatido.

Segundo considerações teóricas, para se obter o melhor rendimento, conviria empregar pilões do peso igual ao das estacas (Jacoby e Davis 1941, pag. 105).

Contudo, para cravar estacas de madeira, material que bem suporta as pancadas do pilão, escolhe-se geralmente o pilão com um peso duplo do da estaca.

Para estacas de betão e metálicas é que é usual escolher pilões do peso igual, ou levemente superior, ao peso da estaca acrescido do peso do capacete.

Hoje há tendência para aumentar o peso dos pilões com o fim de, ainda que com sacrifício do rendimento teórico, aumentar a velocidade da cravação e assegurá-la mesmo que se encontrem obstáculos dentro do terreno.

No número da Eng. News-Record de 13 de Julho de 1939, dá-se notícia de um bate-estacas com um pilão pesando 7,0 T., trabalhando a um ritmo de 60 pancadas por minuto. Este pilão, que fornece 5.175 kg.m por pancada foi estudado para também permitir a cravação debaixo de água.

Embora se não saiba medir a influência que a velocidade da cravação pode ter no comportamento das estacas, ela é um elemento de apreciação que não deve ser omitido nos registos de cravação.

Sobre cravação e respectiva aparelhagem queira consultar-se Beam (1945), Buer (1917), Chaufourier (1938), Fox (1932), Glanville (1938) e Lang (1927).

35-8 — Cravação por intermédio de prolonga

Chama-se *prolonga* a uma haste que se coloca de permeio entre o pilão e a estaca e que serve para transmitir a esta as pancadas que daquele recebe.

A conveniência do emprego duma prolonga, a que os ingleses chamam *follower* ou *dolly* e os alemães *Jungfer*, pode ser determinada por diversas circunstâncias.

A cravação por intermédio de prolonga é empregada especialmente quando se pretende que as cabeças das estacas fiquem debaixo de água. Em vez de se cravar uma estaca muito comprida e proceder depois ao seu corte debaixo de água (ver atrás as figs. 5 e 6), pode-se com a prolonga efectuar a cravação da estaca apenas com o comprimento necessário (figs. 93 e 94).

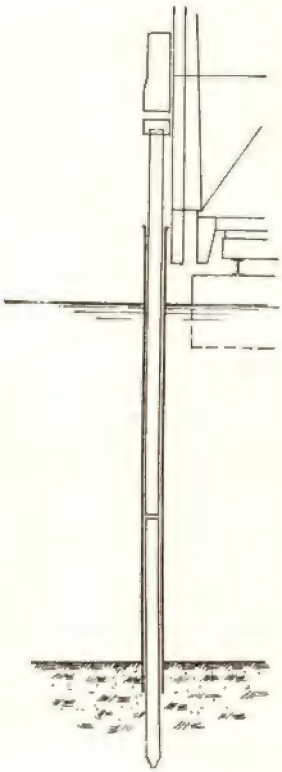


Fig. 93 — Cravação de estacas com prolonga dentro de tubo

Para isso, no lugar onde se pretende cravar a estaca, coloca-se um tubo metálico. Dentro deste tubo enfia-se a estaca e, sobre ela, a prolonga, geralmente metálica, sobre a qual se faz actuar o pilão. Depois de a cabeça da estaca ter atingido a cota desejada retira-se a prolonga e o tubo (fig. 93).

A cravação com prolonga também pode ser feita sem ser dentro de um tubo. Assim

se procede quando a prolonga é apenas utilizada para dar as últimas pancadas, depois de, por cravação directa, a estaca já se encontrar firmemente enterrada no terreno (fig. 94).

Na cravação de moldes de paredes muito delgadas, destinados a estacas moldadas no solo, o emprego duma prolonga, enfiada no molde e apoiada na sua ponteira, permite que as percursões, em vez de aplicadas na parte superior do molde, o sejam na sua ponteira. O molde é assim arrastado pela ponteira sem se deformar. Deste modo se procede à cravação das estacas Stern, Ackermann e Mast (ver fig. 61).

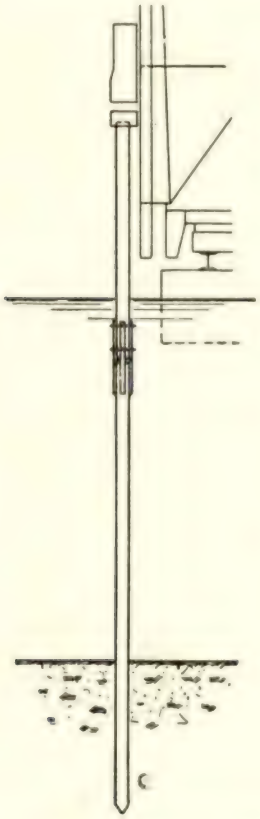


Fig. 94 — Cravação de estacas com prolonga

A cravação por intermédio de prolonga pode ser aplicada a estacas de qualquer material.

A prolonga apresenta o inconveniente de reduzir o rendimento da cravação. Quando se utilizam fórmulas de cravação para avaliar a capacidade de carga das estacas, deve somar-se o peso da prolonga ao da estaca, e tomar em conta a influência amortecedora da prolonga.

35-9 — Cravação debaixo de água

Há, por vezes, necessidade, especialmente em trabalhos marítimos e fluviais, de empregar estacas cuja cabeça fique a uma cota inferior à da superfície da água.

Para cravar estacas nessas condições recorre-se, com frequência, ao emprego dum martelo americano mergulhado, accionado a ar comprimido (ver parágrafo 35-5). Segundo Dean (1935, pág. 116), para profundidades até 12,00 m também se pode utilizar o accionamento a vapor.

A cravação com o martelo mergulhado apresenta sobre o corte da cabeça das estacas (parágrafo 4) as vantagens de ser muito mais rápida, poder ser também aplicada a estacas de betão e evitar a inutilização de parte da estaca.

Sobre a cravação por intermédio de prolonga (parágrafo 35-8) oferece as vantagens da simplicidade de manobra e dum melhor aproveitamento de energia consumida.

35-10 — Capacetes de cravação

Para evitar a destruição da cabeça das estacas, sob a acção directa das pancadas do pilão, empregam-se capacetes de cravação (figs. 95 a 97). O emprego de capacetes reduz o rendimento da cravação, mas, em contrapartida, permite o emprego de alturas de queda e pesos de pilões que, doutro modo, arruinariam instantâneamente a cabeça das estacas.

Os capacetes só podem ser dispensados na cravação de estacas de madeira e quando se empreguem pilões de reduzido peso.

São geralmente constituídos (fig. 95) por uma peça de aço fundido (d) com duas cavidades, numa das quais, a superior, se coloca um bloco de madeira rija (b) destinado a receber directamente as pancadas do pilão. Para prolongar a duração em serviço dessa madeira, é usual cobri-la com uma chapa metálica (a) com cerca de 2 mm de espessura.

A cavidade inferior do capacete desti-

na-se a ser enfiada na cabeça da estaca (f) a cravar. Dentro desta cavidade, entre o capacete e a cabeça da estaca, na cravação de estacas de betão, é costume colocar de

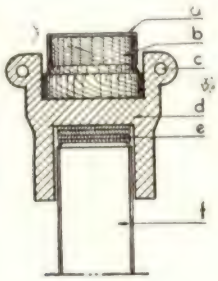


Fig. 95 — Capacete de cravação

permeio outra almofada (e), de madeira, sacos velhos de cimento, cordas ou outro material macio e destinada a assegurar uma boa distribuição de pressões.

Quando empregados com pilões de queda livre e a vapor, os capacetes descem, durante a cravação, ao longo das mesmas guias que servem para o pilão. Duma cra-

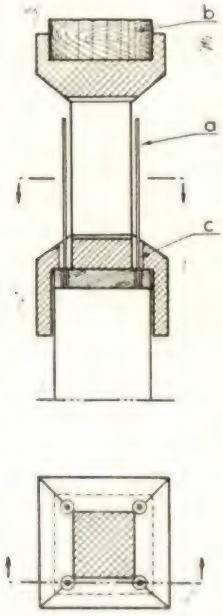


Fig. 96 — Capacete destinado a evitar o corte das cabeças das estacas de betão

vação para outra penduram-se no próprio pilão.

Os capacetes podem ser de tipos muito variados.

A fig. 95 representa o tipo usualmente empregado na cravação de estacas de madeira e de betão.

Para evitar o trabalho moroso e dispendioso do desmonte da cabeça das estacas de betão armado, com o fim de colocar a descoberto as suas armaduras, empregam-se capacetes especiais, munidos de aberturas, nas quais se enfiam os varões das armaduras (fig. 96). A cravação com estes capacetes efectua-se do modo usual.

A cravação de estacas pranchas exige também o emprego de capacetes especiais (fig. 97).

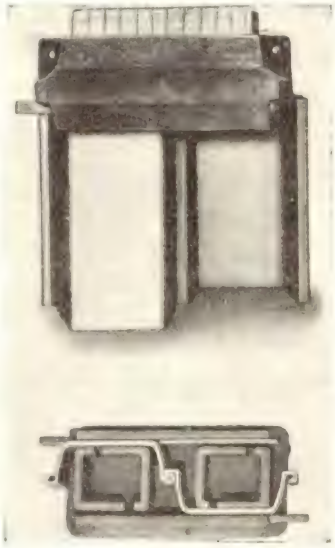


Fig. 97 — Capacete para a cravação de estacas-pranchas «Larssen»

Sobre capacetes de cravação veja-se Noë e Troch (1920, pág. 302), Jacoby e Davis (1941, pág. 98, 187 e 225) e Hool (1943, pág. 159).

36 — Perfuração do terreno

Quando está interdita a cravação, é quase sempre por perfuração do terreno que se levam ao seu lugar os moldes das estacas betonadas no solo.

O processo e a aparelhagem empregados na perfuração são os usados normalmente para a abertura de furos de sonda. Não lhes faremos, por isso, referência especial.

A perfuração, embora mais demorada, por lhe bastar uma aparelhagem muito simples é mais económica do que a cravação, pelo menos para as obras de pequeno vulto.

A simplicidade de aparelhagem permite que o trabalho de perfuração seja executado simultâneamente em várias estacas, o que de algum modo compensa a morosidade do trabalho (ver atrás fig. 34).

Além de servir para os moldes das estacas betonadas no solo, a perfuração também é empregada no afundamento de grandes estacas ôcas, para cujas dimensões já se não fabricam bate-estacas de potência suficiente.

37 — Colocação dentro de furos abertos no solo

Se bem que se possam considerar como excepcionais, e por esse facto raras vezes apareçam referidas nos livros, é da maior conveniência conhecer as circunstâncias que podem levar à abertura de furos no solo, para neles se enfiarem estacas preparadas em estaleiro.

Quando no solo exista um estrato rijo cuja espessura, embora insuficiente para permitir à estaca trabalhar de ponta, dificulte a cravação, há geralmente vantagem em recorrer à abertura prévia dum furo nesse estrato. Insistir na cravação poderia comprometer sèriamente a fundação, quer provocando a quebra da estaca, quer destruindo essas camadas de terreno consistente.

Alguns terrenos, só por motivo da sua incompressibilidade, já tornam a cravação pràticamente impossível. Este fenómeno pode verificar-se, por exemplo, em areias muito compactas. A abertura prévia de furos permite resolver o problema.

Com o fim de reduzir o tempo de ocupação do bate-estacas e permitir um avanço mais rápido da obra, também pode haver vantagem em recorrer à abertura prévia de furos. Numa obra na Califórnia, fundada sobre estacas de madeira, foi possível, por esse processo, reduzir a metade o tempo previsto para a execução da fundação (Jacoby e Davis 1941, pág. 116).

Ainda por outras razões pode haver vantagem em não cravar, mas enfiar estacas de betão armado dentro de buracos abertos no solo.

Foi o que se verificou em dada circunstância, nas Obras do Arsenal do Alfeite. Devia proceder-se à cravação de estacas numa argila muito compacta, destinada a ser em parte, mais tarde, dragada. Tendo furado a espessura destinada a desaparecer, melhoraram-se as condições de cravação, com benefício para as estacas e para o avanço da obra, sem de qualquer modo se ter diminuído a sua resistência final.

Para a abertura dos furos nos terrenos, pode recorrer-se à cravação dum cilindro metálico, com ou sem ponteira, ou à perfuração do terreno, tal como para as estacas moldadas no solo, referida no parágrafo anterior.

A cravação de tubos sem ponteira é de recomendar quando se não queira alterar a estrutura natural duma argila.

Nesse caso é necessário remover os materiais que entram para dentro do tubo durante a cravação.

Algumas vezes é possível evitar essa remoção, procedendo ao arranque do tubo juntamente com os materiais que para dentro dele tenham entrado.

Acerca da perfuração como meio de abertura de furos para estacas consulte-se Smith (1932).

Algumas estacas de betão descritas no parágrafo 28 são enfiadas dentro de furos abertos prèviamente no solo. (Ver parágrafos 28-8, 28-9 e 28-23).

38 — Injecção de água

Com este processo conseguem-se, por vezes, resultados surpreendentes.

A sua divulgação é relativamente recente.

O processo consiste em injectar água sob pressão no terreno à cota da ponteira da estaca.

Já tivemos ocasião de verificar em terreno constituído por areia compacta com um pouco de argila, onde nem o pilão de 3,0 T. do bate-estacas a vapor nem o martelo americano conseguiam mover as estacas, como

a injecção de água, com a maior facilidade, permitia levá-las à cota desejada.

Só em terrenos sem coesão se pode proceder ao enterramento de estacas por injecção de água. As areias quanto mais limpas melhor se prestam a esse processo.

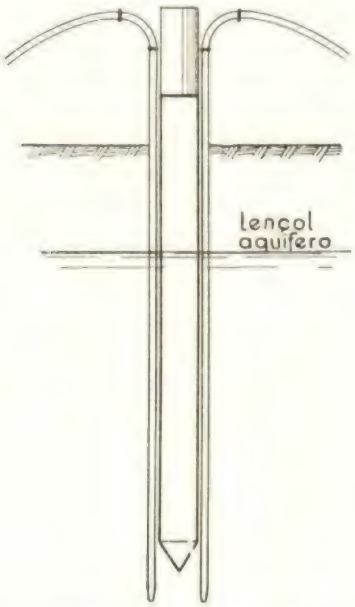


Fig. 98 — Afundamento duma estaca por injecção de água

A aparelhagem necessária para efectuar injecção de água consiste apenas em um ou dois tubos metálicos com cerca de 5 cm de diâmetro interior, de comprimento total levemente superior ao da estaca, ligados por mangueira a uma bomba capaz de fornecer a água à pressão conveniente.

Os tubos de injecção devem ser mantidos permanentemente em movimento durante a descida da estaca. Assim se consegue grande regularidade de descida e se evita que os tubos se fixem ao terreno.

A ponta do tubo de injecção convém que seja mantida sempre à frente da ponteira da estaca.

Durante a injecção é usual fazer descansar o peso do pilão dum bate-estacas sobre a estaca, a fim de activar a sua descida.

O emprego de dois tubos, em faces opostas da estaca, permite um trabalho muito regular (fig. 98). Utilizando apenas um tubo, trabalhando sempre do mesmo lado, pode provocar-se o entortamento da estaca.

O mais curioso da injecção de água é que ela apenas facilita a descida da estaca enquanto está a funcionar. Uma vez fechada a admissão de água, a estaca volta a ficar firmemente agarrada ao terreno.

Houve tempo em que a injecção de água se fazia, para as estacas de betão, através de tubos embebidos na própria massa do betão. Hoje procede-se à injecção de água por meio de hastes metálicas soltas, o que permite um controle mais fácil da operação.

Este processo de afundamento de estacas, embora muito simples, exige pessoal bem treinado e bem dirigido.

Se a injecção não for muito bem orientada pode dar ocasião a que a estaca se entorte ao entrar no terreno. Com efeito, a ponteira da estaca, ao dar-se a sua descida, tende a desviar-se para o lado onde o terreno, por virtude da injecção exagerada de água, apresentar menor resistência.

Agatz (1936, pág. 138) dá notícia de estacas-pranchas de madeira encontradas fazendo flechas de 50 centímetros, o que foi atribuído a má execução da injecção de água.

Numa obra bem apetrechada a injecção de água é considerada, pelo menos, como um meio auxiliar de cravação. Ela serve para fazer avançar as estacas que encravarem. Alguns modernos bate-estacas a vapor já trazem montadas, por esse motivo, instalações para injecção de água.

Para elevadas pressões é, porém, indispensável dispor de instalações especiais.

O valor da pressão a dar à água varia conforme o terreno: 2 kg/cm², para terrenos pouco consistentes, até 15 kg/cm² para os mais difíceis. A quantidade de água necessária também é variável: 300 a 1.500 litros/minuto.

Só a experiência permite, para cada caso particular, saber quais são a pressão e a quantidade de água mais conveniente.

Deve contar-se com um motor com a potência de 25 a 60 cavalos por tubo de injecção.

Para evitar que, em caso de entupimento do tubo de saída, acidente este que é frequente, a mangueira e as ligações sejam danificadas, convém sempre dispor de válvulas de segurança.

Uma das principais vantagens da injecção de água, como meio de proceder ao afundamento de estacas, consiste em não danificar estas, ao contrário do que pode acontecer com a cravação; e isso porque elimina pràticamente a resistência à penetração no terreno.

Acerca deste processo de afundamento de estacas leia-se Marnitz (1942), Kirgs (1943) e Hool (1943).

A firma Keller patenteou um processo de compactação de terrenos que consiste na combinação da injecção de água com a vibração. Estas duas operações são obtidas com um único aparelho. Durante a actuação deste qualquer massiço de areia ou burgau comporta-se pràticamente como um líquido. Este facto pode também ser aproveitado para a colocação de estacas dentro do terreno (Ver Schneider 1938).

39 — Aparafusamento

O aparafusamento só se presta a ser empregado com estacas metálicas, embora já

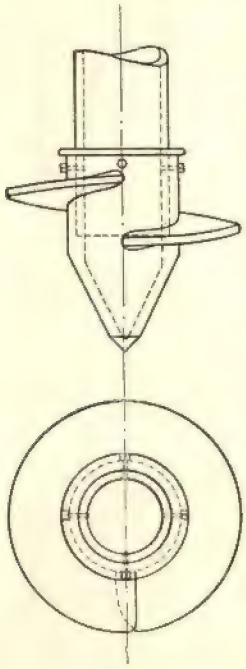


Fig. 99 — Ponteira para estaca destinada a ser aparafusada

por vezes tenha sido utilizado com estacas de madeira munidas de ponteira especial (fig. 99).

Exige aparelhagem bastante complexa para poder ser executado com rapidez e comodidade (Ver Noë e Troch 1920, Morgan 1944 e Dean 1933).

Em terrenos de areia é por vezes feito simultâneamente com injecção de água, o que já permite levar mais ràpidamente a estaca ao seu lugar.

O aparafusamento encontra-se especialmente indicado para andaimes provisórios, em que as estacas tenham de mudar muitas vezes de posição, pois permite efectuar essas mudanças sem danificar as estacas.

Os ingleses, talvez por o aparafusamento exigir aparelhagem mais simples de manobrar do que a cravação, têm empregado muitas estacas aparafusadas nos portos coloniais (Morgan 1944).

O aparafusamento tem sido ùltimamente substituído pela injecção de água, especialmente desde que a técnica desta se aperfeiçoou e se começaram a empregar grandes pressões, as quais permitem o seu emprego mesmo em areia grossa e calhaus.

Sobre aparafusamento de estacas veja-se Kiche (1942) Noë e Troch (1920, pág. 25) e Morgan (1944).

40 - Prensagem

É um processo apenas usado em condições especiais.

A aparelhagem necessária é muito simples, e, porque uma prensa hidráulica também serve para muitos outros fins, não representa em geral um encargo sensível para as obras.

O emprego da prensa hidráulica, como meio de afundamento de estacas, pressupõe a existência de edifícios já construídos, contra os quais a prensa possa ser aplicada (fig. 100).

Na execução das estacas moldadas para a consolidação de fundações existentes, em que está sempre interdita a cravação, a prensagem é, certamente, o melhor processo de proceder ao afundamento dos moldes no terreno.

Geralmente enterram-se os moldes sem ponteira, a fim de se obter uma mais fácil

entrada no solo. O terreno que ficar no interior do molde é depois removido com aparelhos de sondagem ou por jacto de água.

Fig. 100 — Prensagem duma estaca Mega

Fot. dum artigo de Meyer-Peter

Alguns terrenos consentem que neles se enterrem os moldes mesmo com ponteira, com a prensa hidraúlica.

Na consolidação de fundações por meio de estacas a prensa hidráulica encontra ainda emprego como meio para meter em carga as novas estacas.

Quando se executam estacas dentro de caixões de ar comprimido, é geralmente por prensagem que se procede ao seu afundamento.

Foi por prensagem que Freyssinet enterrou as estacas que puzeram fim aos assentamentos verificados na gare marítima do Havre.

A estaca «Mega», fabricada pela firma Franki, é constituída por troços betonados em estaleiro, que se afundam no terreno por prensagem (ver parágrafo 18-2 e fig. 100).

(Continua)

Guia de ensaios normativos de análise química das águas potáveis

TRABALHO APRESENTADO AO CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS DE 1944 (CÓRDOVA)

POR

ROMAN CASARES LOPEZ

Catedrático da Faculdade de Farmacia da Universidade de Madrid; Chefe de Secção de Hidrografia do "Centro de Investigaciones Geologicas Lucas Mallada"; do "Consejo Superior de Investigaciones Cientificas„

CARLOS CANDIDO COUTINHO

Capitão-tenente farmacêutico. Chefe dos Laboratórios da Companhia das Águas de Lisboa

RAMIRO GUEDES DE CAMPOS

Engenheiro Químico-Industrial. Assistente de Química do Instituto Superior Técnico. Chefe do Tratamento de Águas da Companhia das Águas de Lisboa

LÉON VILLANÚA FUNGAIRIÑO

Professor da Faculdade de Farmácia da Universidade de Madrid. Colaborador do "Instituto Alonso Barba„ de Química do Cons. Superior de Investigaciones Científicas„ e do "Centro de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada„

543.3

PREÂMBULO

Denomina-se este trabalho «Guia de ensaios normativos de análises químicas das águas potáveis».

Como o seu nome indica, pretende ser, no capítulo importante, embora de restrita especialidade, da química das águas potáveis, um códice orientador dos métodos de laboratório a utilizar pelos analistas.

Com efeito, são tantos os métodos propostos pelos diferentes tratadistas da especialidade que surge sempre ao espírito do operador a dúvida de qual o mais rigoroso, ou o mais prático, e daí a necessidade de fazer, baseada num critério selectivo, uma codificação dos métodos que no laboratório se hajam revelado como os melhores — não só com o fim de evitar muitas dificuldades aos praticantes, como também, com a mais alta finalidade de, quanto possível, tornar gerais, universais, as normas das determinações, em assunto de importância tão transcendente, sob o ponto de vista higiénico e social, como o estudo das águas potáveis.

O critério selectivo que adoptámos não teve, porém, exclusivamente carácter teórico, pois todos os métodos foram longa e sistemàticamente praticados no laboratório e os seus resultados sujeitos a rigorosa comparação.

Assim, qualquer método proposto neste «Guia» obedece à condição de ser o mais rigoroso, em igualdade de rigor, de ser o mais prático, e, ainda, quanto possível independente do coeficiente pessoal do operador.

Daqui a preferência, neste «Guia» revelada, pelos métodos volumétricos e, de entre estes, especialmente, pelos colorimétricos, em que manipulações tais como filtrações, lavagens de precipitados, calcinações e pesagens, causas frequentes de erros consideráveis, estão reduzidas ao mínimo, evitando assim os erros sistemáticos provenientes da deformação profissional do operador de laboratório.

Entre os métodos expostos alguns há que são variantes por nós preconizadas, sobretudo nos artigos «Anidrido carbónico livre», «Dureza da água», e, duma maneira geral, nos ensaios colorimétricos, quanto à divisão dos ensaios em fases.

Isto pelo que diz respeito às determinações pròpriamente ditas.

Quanto à expressão dos resultados alguma coisa de novo se pretende também com o presente trabalho.

É conhecida de todos os que trabalham em análises, a anarquia existente na expressão dos resultados das determinações: uns dão os resultados em gramas por quilo, outros em gramas por litro, outros em partes por milhão. Propomos a universalização da expressão dos resultados em mgs. de ião por litro para evitar o grande número de casas decimais, admitindo como suficiente a aproximação, nos casos gerais, até ao decimiligrama.

Ainda no capítulo «Expressão dos resultados» quisémos propositadamente dar relevo à sua verificação para que o analista possa ter a contra-prova do seu trabalho, o que geralmente não sucede, limitando-se o «homem do laboratório» a fornecer resultados sem que a sua consciência fique descarregada quanto à verdade relativa ou ao erro relativo que eles possam representar.

Não deixámos também de mencionar o agrupamento hipotético do resíduo como expressão dos resultados.

De menos importância, sem dúvida, do que nas águas minerais, tem, contudo, vantagens de caracterização, aliás reconhecidas pelos próprios autores americanos, que são radicais quando se trata de inutilidades.

São dados todos os elementos de cálculo expedito do agrupamento hipotético, cremos que, pela primeira vez, baseado em critério lógico.

Quanto à interpretação dos resultados, as considerações que fizemos neste capítulo tiveram por fim esclarecer certas dúvidas que surgem, mais geralmente do que se pensa, sobretudo no que se refere à diferença entre águas superficiais e águas profundas.

Finalmente, foi organizado um quadro dos limites da potabilidade — isto é dos teores máximo ou mínimo admitidos nas diferentes determinações, de forma a ser de fácil leitura não só pelos analistas como ainda, e principalmente, por todos aqueles — e muitos são — que, não sendo da especialidade, são, contudo, levados pela sua profissão ou o seu cargo, a ter que possuir conhecimentos sobre águas potáveis.

Eis, em traços gerais, o que pretendemos com o nosso trabalho: seleccionar, codificar, unificar, mas sempre orientados pelos dados e os resultados do laboratório, única maneira de fazer ciência de alcance simultâneamente teórico e prático.

Oxalá o tenhamos conseguido!

SUMÁRIO

Preâmbulo

Capítulo I

Caracterizações organolépticas:

a) Cheiro
b) Sabor
c) Cor
d) Aspecto
d') Avaliação da turvação

Capítulo II

Ensaios Físicos e Físico-Químicos:

a) Temperatura
b) Reacção
c) pH
d) Condutibilidade

Capítulo III

Ensaios Químicos:

α) Aniões:

a) Cloretos
b) Sulfatos
c) Anidrido Carbónico Total
d) Anidrido Carbónico Combinado
e) Nitratos
f) Nitritos

Apêndice: (Determinações não usuais)

g) Iodetos
h) Ácido Sulfídrico e Sulfuretos
i) Fosfatos
j) Arseniatos e Arsenitos

β) Catiões:

a) Chumbo
b) Ferro e Alumínio
c) Ferro
d) Manganésio
e) Cálcio
f) Magnésio
g) Amónio

Apêndice: (Determinações não usuais)

h) Potássio
i) Sódio

Capítulo IV

Não-Electrólitos:

a) Sílica

Capítulo V

Gases dissolvidos e Gases combinados:

a) Anidrido Carbónico Livre
b) Oxigénio dissolvido

Apêndice:

c) Cloro dissolvido
d) Ácido Sulfídrico

Capítulo VI

Não-Especificados:

a) Resíduo Seco
b) Oxidabilidade
c) Durezas
d) Azoto Albuminoide

Apêndice:

e) Agressividade para o Calcáreo
f) Agressividade para o Chumbo

Capítulo VII

Generalidades:

I) Condições da colheita
II) Ordem cronológica das determinações
III) Expressão dos resultados
IV) Verificação dos resultados
V) Interpretação dos resultados
VI) Tabelas

Capítulo I

CARACTERIZAÇÕES ORGANOLÉPTICAS

Entende-se por caracterizações organolépticas aplicadas aos ensaios da água o conjunto de avaliações das qualidades desta que afectam directamente os orgãos dos sentidos e que, variando evidentemente com o observador, não podem ser expressas por resultados numéricos, antes por designações em relação com o órgão afectado, necessàriamente pouco rigorosas, mas mesmo assim podendo constituir elementos escalares.

Por definição, diz-se água potável aquela que é inodora, incolor, límpida e sápida e, por conseguinte, a exclusão destas qualidades será suficiente para a sua regeição. Contudo prevendo a existência de águas que num ou noutro destes caracteres ou em todos se afastem daquelas designações, mas sejam susceptíveis de correcção, vamos tratar deste assunto na generalidade, admitindo, sempre que seja possível, a existência de escalas, explícitas ou implícitas, para exprimir os resultados.

a) Cheiro

A investigação do cheiro deve ser feita *in loco* e ter confirmação laboratorial.

Opera-se sobre pequenas quantidades, da ordem dos 100 cm^3, primeiro a frio e depois a quente.

Para pesquiza a frio, verter a toma indicada num matrás de Erlenmeyer de rolha esmerilada de 250 cm^3 de capacidade. Rolhar e agitar durante dois minutos; destapar o matrás e investigar o cheiro.

Para investigação a quente, substituir a rolha por um pequeno vidro de relógio. Aquecer até próximo da ebulição. Agitar suavemente com um movimento circular. Deixar em repouso durante alguns minutos e investigar o cheiro.

Os resultados exprimem-se quanto:

1) À intensidade;

2) À natureza do cheiro.

Para a intensidade usam-se os seguintes termos: nulo (inodoro), fraco e intenso.

Para designar a natureza do cheiro usa-se a divisão em três grupos: agradável, como aromático, a cidra, a gerânio, a violeta, a melão, etc.; indiferente, como a terra, a erva, etc.; e desagradável, como a cloro, a clorofenois, a iodofórmio, a sulfídrico, a petróleo, a peixe, a mofo, etc.

b) Sabor

A investigação do sabor deve ser feita depois da investigação do cheiro, pois de contrário, a inércia das papilas gustativas prejudicaria por sobreposição de sensações a segunda das investigações referidas.

Deve também usar-se da maior cautela, que pode ir até à exclusão deste ensaio, perante águas de natureza desconhecida e suspeita. Aconselha-se, neste caso, a análise bacteriológica prévia.

O ensaio faz-se às temperaturas de 8° — 12° C. e 30° C., arrefecendo ou aquecendo, se for necessário.

Os resultados exprimem-se quanto:

1) À intensidade;

2) À natureza do sabor.

Para a intensidade usam-se os seguintes termos: nulo (insípido), fraco e intenso.

Para designar a natureza do sabor usa-se a divisão em dois grupos: agradável, como acídulo, doce, etc.; e desagradável, como salino, terroso, saponoso, estíptico, amargo, etc.

c) Cor

A investigação da cor deve ser feita deitando a água a analisar num frasco de vidro perfeitamente incolor e de cerca de 10 cm de diâmetro, devendo o raio visual do observador atravessar transversalmente o frasco e incidir sobre um fundo branco e iluminado.

Os resultados exprimem-se quanto:

1) À gradação na gama cromática;

2) Ao tom.

Para a gradação cromática usam-se todas as designações das cores do espectro solar, com todas as cambiantes entre as diversas cores, correspondendo a ausência de cor ao termo incolor. Assim, amarelo-esverdeado, etc.

Para o tom usam-se simplesmente os termos: claro e escuro.

Se a água a ensaiar estiver turva deverá preceder-se o ensaio duma filtração prévia.

d) Aspecto

Quanto ao aspecto, que em geral depende inteiramente da quantidade de partículas em suspensão, a água a ensaiar poderá ser transparente ou turva.

No primeiro caso, que corresponde à ausência de partículas em suspensão, a água diz-se *límpida*.

No segundo caso, a água diz-se *turva* e a turvação é susceptível de ser avaliada quantitativamente, embora neste «Guia» não se preconize a necessidade da sua determinação, mas sim apenas a obtenção duma ordem de grandeza escalar.

d') Avaliação da turvação

I — *Fundamento do método*

Estabelecimento duma série de designações correspondentes a turvações sucessivamente crescentes, por meio dum dispositivo de medição adiante descrito.

II — *Amostra*

Cerca de 2000 cm^3.

III — *Material*

Como a avaliação da turvação só raramente é feita no laboratório e, com rigor, só em casos especiais, preconizamos a adopção dum turbidímetro rudimentar, composto dum jogo de cinco tubos de vidro incolor dispostos paralelamente uns aos outros e num plano vertical, o que se consegue por meio dum suporte, do tipo dos suportes de tubos de ensaio, embora de escala diferente, de madeira, pintado de branco, ficando o topo superior dos tubos ao mesmo nível e o topo inferior apoiado em pequenas travessas de descanso às diferentes alturas, adiante indicadas.

Os tubos de vidro devem ter 25 mm de diâmetro, são obturados no topo inferior por uma rolha vulgar de cortiça cuja base menor é enegrecida com plombagina e formam uma série cujos comprimentos respectivos são de cerca de 100, 80, 60, 40 e 20 cm, devendo estes comprimentos ser rigorosamente medidos a partir da base enegrecida da rolha e marcados com um traço de referência feito no vidro.

IV — *Técnica*

O conteúdo do frasco da amostra deve ser homogenizado por agitação e vertido nos tubos até ao traço de referência já citado.

A observação deve ser feita, logo após a homogenização, segundo a linha axial dos tubos colocados no suporte, com a base do mesmo suficientemente nivelada, à luz do dia, mas à sombra, tendo por finalidade verificar a visibilidade da rolha do topo inferior.

Quando esta é visível apresenta-se sob a forma dum círculo preto concêntrico a uma coroa circular mais clara.

V — *Expressão dos resultados*

É conveniente numerar os tubos de 1 a 5, segundo os comprimentos decrescentes.

Os resultados exprimem-se segundo o quadro seguinte e reportam-se ao tubo de maior comprimento em que é nítida a visibilidade.

Número de ordem	Altura da coluna líquida	Designações
1	100 cm	Límpido
2	80 »	Fracamente opalescente
3	60 »	Opalescente
4	40 »	Fortemente opalescente
5	20 »	Turva

VI — *Outros métodos*

Comparação com os padrões constituídos por suspensões de sílica ou mastica (resina). No primeiro caso, pode empregar-se o turbidímetro de Hellige ou semelhantes. No segundo caso, o aparelho de Dienert e Guillerd.

Capítulo II

ENSAIOS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS

a) Temperatura

A determinação da temperatura faz-se na ocasião da colheita da água, empregando-se um termómetro centesimal e graduado, pelo menos, em meios graus. Imergi-lo completamente numa vasilha que contenha cerca de 1000 cm^3 de água e que deve quanto possível estar isolada tèrmicamente.

Fazer a leitura logo que a coluna termométrica estacione durante 5 minutos.

Simultâneamente determinar a temperatura do ambiente com um termómetro semelhante mas completamente seco.

b) Reacção

I — *Definição*

Reacção duma água é, para um determinado reagente indicador, a expressão do seu estado de dissociação iónica designado grosseiramente pelos termos: - acidez, neutralidade, alcalinidade.

II — *Amostra*

100 cm^3 da água a ensaiar, devendo a determinação ser feita «in loco».

III — *Reagentes*

1 — Soluto alcoólico a 1 ‰ de vermelho Congo.
2 — Soluto aquoso a 1 ‰ de heliantina.
3 — Soluto alcoólico de fenolftaleina:

Fenolftaleina . . . . . 0,37 gramas
Alcool de 96 % neutralizado q. b. para 1000 cm^3

IV — *Material*

Tubos de ensaio.

V — *Técnica*

Tomar 3 tubos de ensaio; medir, para cada um, 10 cm^3 da água a ensaiar e adicionar a um dos tubos 2 gotas do soluto de vermelho Congo, a outro 2 gotas do soluto de heliantina e ao terceiro 2 gotas do soluto de fenolftaleina.

As colorações que se podem obter estão indicadas no quadro seguinte:

QUADRO I

Reag. indicador	Reacção ácida	Reacção neutra	Reacção alcalina
Vermelho Congo	Azul	Violácea	Vermelho tejolo
Heliantina	Vermelho cereja	Alaranjada	Amarelo limão
Fenolftaleina	Incolor	Rósea	Vermelho carmim

VI — *Expressão dos resultados*

Os resultados do ensaio são sempre expressos pelo conjunto referente aos três indicadores.

c) pH

I — *Definição*

Chama-se expoente de hidrogénio, e representa-se pelo símbolo «pH», o logaritmo decimal do inverso da concentração hidrogeniónica, sendo esta expressa em gramas por litro.

II — *Fundamento do método*

Método colorimétrico: Comparação das tonalidades que adquirem determinados corantes (reagentes indicadores) quando adicionados em pequena quantidade à água a ensaiar, com a cor produzida pela adição dos mesmos reagentes, em iguais proporções, a um soluto de pH conhecido (soluto padrão).

III — *Amostra*

50 a 100 cm^3 da água a ensaiar colhidos em frasco de vidro neutro
NOTA: A determinação de pH deverá ser feita, de preferência, «in loco».

IV — *Reagentes*

1) Solutos de pH conhecidos (solutos padrões)
2) Solutos de reagentes indicadores
3) Solutos titulados:

α) *Solutos padrões:*

1) *Soluto de ácido cítrico 0,1 mol.*

Dissolver 25 gs de ácido cítrico em 1000 cm^3 de água redestilada recente e verificar quantos cm^3 de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal são necessários para neutralizar 20 cm^3 de soluto de ácido cítrico, usando a fenolftaleina como indicador. Conhecido o número n de cm^3 gastos de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal, introduzir em matrás graduado $\left(1000 - \frac{12000}{n}\right)$ cm^3 de água redestilada e perfazer com o restante soluto de ácido cítrico o volume de 1000 cm^3. Agitar. Adicionar 0,05 g/l de timol, como reagente conservador. Guardar em frasco de vidro neutro.

2) *Soluto de fosfato de sódio 0,2 mol.*

Diluir 25 gs de ácido fosfórico (D = 1,71 a 1,74) em 500 cm^3 de água redestilada recente e verificar quantos cm^3 de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal são necessários para neutralizar 20 cm^3 de soluto de ácido fosfórico tendo prèviamente adicionado 8 gs de cloreto de sódio e usando a fenolftaleina como indicador.

Conhecido o número n de cm^3 gastos do soluto de hidróxido de sódio hemi-normal, introduzir em matrás graduado $\left(600 - \frac{16000}{n}\right)$ cm^3 de água redestilada recente, 400 cm^3 de soluto de hidróxido de sódio normal e perfazer com o restante soluto de ácido fosfórico o volume de 1000 cm^3. Agitar. Adicionar 0,05 g/l de timol. Guardar em frascos de vidro neutro.

3) *Soluto de ácido bórico 0,3 mol.*

Dissolver, com o auxílio do calor, 25 gs de ácido bórico em 900 cm^3 de água redestilada recente. Deixar arrefecer e verificar quantos cm^3 de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal são necessários para neutralizar 25 cm^3 do soluto de ácido bórico, tendo prèviamente adicionado 50 gs de glicerina neutralizada, usando a fenolftaleina como indicador. Conhe-cido o número n de cm^3 gastos de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal, intro-

duzir em matrás graduado $\left(1000 - \frac{15000}{n}\right)$ cm³ de água redestilada recente e perfazer com o restante soluto de ácido bórico o volume de 1000 cm³. Agitar. Adicionar 0,05 g/l de timol. Guardar em frasco de vidro neutro.

4) *Soluto de borato de sódio 0,075 mol.*

Dissolver, com o auxílio do calor, 25 gs de ácido bórico em 500 cm³ de água redestilada recente. Deixar arrefecer e verificar quantos cm³ de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal são necessários para neutralizar 25 cm³ do soluto de ácido bórico tendo prèviamente adicionado 50 gs de glicerina neutralizada, usando a fenolftaleina como indicador. Conhecido o número n de cm³ gastos de soluto de hidróxido de sódio hemi-normal, introduzir em matrás graduado $\left(850 - \frac{15000}{n}\right)$ cm³ de água redestilada recente, 150 cm³ de soluto de hidróxido de sódio normal e perfazer com o restante soluto de ácido bórico o volume de 1000 cm³. Agitar. Adicionar 0,05 g/l de timol. Guardar em frasco de vidro neutro.

5) *Soluto normal de hidróxido de sódio*

Visto que para a preparação dos solutos padrões necessitamos de solutos hemi-normal e para a preparação dos solutos indicadores de soluto vigèssinormal de hidróxido de sódio, prepararemos estes a partir do soluto normal.

Damos, pois, a seguir, a técnica respectiva que se baseia na obtenção dum soluto isento de carbonato de sódio.

Pesar 75 gs de hidróxido de sódio e ajuntar 75 cm³ de água destilada. Dissolver cuidadosamente em matrás de 150 cm³ com rolha esmerilada e abandonar durante 8 dias. Tirar com uma pipeta o líquido límpido e diluir em 1000 cm³ de água redestilada recente e fervida, agitar e verificar quantos cm³ de ácido sulfúrico normal são necessários para neutralizar 20 cm³ do soluto do hidróxido de sódio, usando a heliantina como indicador.

Conhecido o número n de cm³ gastos de ácido sulfúrico normal, introduzir em matrás graduado $\left(\frac{1000\,n - 20000}{n}\right)$ cm³ de água redestilada recente e perfazer com o restante soluto de hidróxido de sódio o volume de 1000 cm³. Agitar.

Prepara-se a partir deste os solutos hemi-normal e vigèssinormal.

β) *Solutos indicadores:*

1) *Soluto de púrpura de bromo-cresol* (pH de 5,2 a 6,6)

Púrpura de bromo-cresol	0,1 g
Soluto N/20 de hidróxido de sódio.	3,7 cm³
Álcool absoluto	25 cm³
Água redestilada recente	q. b.

Dissolver a púrpura de bromo-cresol na mistura do soluto de hidróxido de sódio com 100 cm³ de água redestilada, aquecendo levemente. Deixar arrefecer, ajuntar o álcool e tanta água redestilada q. b. para que o produto perfaça 250 cm³. Guardar em frasco de vidro neutro.

Empregar 0,5 cm³ deste soluto para cada 10 cm³ da água a ensaiar.

2) *Soluto de azul de bromo-timol* (pH de 6 a 7,6)

Azul de bromo-timol	0,1 g
Soluto N/20 de hidróxido de sódio.	3,2 cm^3
Álcool absoluto	15 cm^3
Água redestilada recente	q. b.

Dissolver o azul de bromo-timol na mistura do hidróxido de sódio com 100 cm^3 de água redestilada; aquecer levemente. Deixar arrefecer, ajuntar o álcool e tanta água redestilada q. b. para que o produto perfaça 250 cm^3. Guardar em frasco de vidro neutro.

Empregar 0,5 cm^3 deste soluto para cada 10 cm^3 da água a ensaiar.

3) *Soluto de vermelho de cresol* (pH de 7,2 a 8,8)

Vermelho de cresol	0,05 g
Soluto N/20 de hidróxido de sódio	2,65 cm^3
Álcool absoluto	25 cm^3
Água redestilada recente	q. b.

Dissolver o vermelho de cresol na mistura do soluto de hidróxido de sódio com 150 cm^3 da água redestilada, aquecendo levemente. Deixar arrefecer, ajuntar o álcool e tanta água redestilada q. b. para que o produto perfaça 250 cm^3. Guardar em frasco de vidro neutro.

Empregar 0,5 cm^3 deste soluto para cada 10 cm^3 da água a ensaiar.

TABELA I

Número de cm^3 de solutos de ácido cítrico e de fosfato de sódio a misturar para obter os valores de pH entre 4,2 e 8,0

pH	Soluto de ácido cítrico (cm^3)	Soluto de fosfato de sódio (cm^3)	pH	Soluto de ácido cítrico (cm^3)	Soluto de fosfato cítrico (cm^3)
4,2	58,60	41,40	6,2	33,90	66,10
4,4	55,90	44,10	6,4	30,75	69,25
4,6	53,25	46,75	6,6	27,15	72,75
4,8	50,70	49,30	6,8	22,75	77,25
5,0	48,50	51,50	7,0	17,65	82,35
5,2	46,40	53,60	7,2	13,05	86,95
5,4	44,25	55,75	7,4	9,15	90,85
5,6	42,00	58,00	7,6	6,35	93,65
5,8	39,55	60,45	7,8	4,25	95,75
6,0	36,85	63,15	8,0	2,75	97,25

TABELA II

Número de cm^3 de solutos de ácido bórico e de borato de sódio a misturar para obter os valores de pH entre 7,6 e 9,0

pH	Soluto de ácido bórico (cm^3)	Soluto de borato de sódio (cm^3)	pH	Soluto de ácido bórico (cm^3)	Soluto de borato de sódio (cm^3)
7,6	74	26	8,35	42	58
7,8	86	34	8,4	39,5	60,5
8,0	58	42	8,5	34,5	65,5
8,1	54	46	8,6	29	71
8,2	49,5	50,5	8,8	17	83
8,3	44,85	55,15	9,0	4,5	95 5

γ) ***Solutos titulados:***

1) Soluto N/20 de ácido clorídrico
2) Soluto N/20 de hidróxido de sódio

V — *Material*

1) Tubos de ensaio
2) Pipetas de diversas capacidades
3) Balões graduados de diversas capacidades
4) Pipetas de vidro neutro de 1 cm^3, sendo uma, pelo menos, graduada em 0,01 cm^3.
5) Suportes para tubos de ensaio
6) Dispositivo para observações colorimétricas, constituído por um bloco de madeira leve, de forma paralelepipédica, de ~ 6 cm × ~ 6 cm × ~ 14 cm, com 4 orifícios cilíndricos de eixos paralelos, dispostos dois a dois, cavados no sentido longitudinal até cerca de 1 cm da base de modo a permitirem a acomodação de 4 tubos de ensaio lado a lado e com outros dois orifícios de secção igual à dos primeiros e intersectando-os perpendicularmente, abertos a 3 cm da base do bloco, de face a face, de modo a funcionarem como janelas oculares.

VI — *Técnica*

1) Ensaio prévio: (Método de Gillespie modificado).

Num suporte para tubos de ensaio, dispor em 2 filas 18 tubos de ensaio contendo 9 deles 10 cm^3 de soluto de ácido clorídrico N/20 e os 9 restantes 10 cm^3 de soluto de hidróxido de sódio N/20.

Adicionar em seguida, aos tubos contendo o soluto ácido, soluto do azul de bromotimol, começando por deitar no tubo extremo da esquerda 9 gotas e depois sucessivamente, em razão decrescente de 1 gota, o reagente indicado, até ao tubo extremo da direita, em que, evidentemente, se deitará uma só gota.

Repetir a adição do reagente indicador aos tubos contendo soluto alcalino, mas agora em razão crescente de 1 gota, isto é, começando por deitar no tubo extremo da esquerda 1 gota e terminando por deitar no tubo extremo da direita 9 gotas.

Agitar para homogenizar.

Numerar os termos correspondentes das duas escalas, assim construídas, de 1 a 9.

Colocar no dispositivo para observações colorimétricas, nos orifícios da direita, um tubo contendo 10 cm^3 da água a ensaiar adicionados de 10 gotas do soluto indicador e um tubo contendo água destilada, e nos orifícios da esquerda, os diferentes conjugados numerados de 1 a 9, até identidade de coloração.

TABELA III

Azul de bromo-timol

Número da escala	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	6,15	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	8,05

Se a coloração for idêntica à de qualquer dos extremos, não será de considerar este ensaio e deverá repetir-se a operação, praticando-se técnica análoga à descrita, mas substituindo o soluto indicador de bromo-timol por soluto indicador de púrpura de bromo-cresol quando a coloração for idêntica à do n.º 1 da escala do azul de bromo-timol e por soluto indicador de vermelho de cresol quando a coloração for idêntica à do n.º 9 dessa escala.

TABELA IV

Púrpura de bromo-cresol

Número da escala	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	5,3	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,2

TABELA V

Vermelho de cresol

Número da escala	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	7,15	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	9,05

2) Ensaio definitivo:

Construir uma escala de 5 termos a partir dos dados fornecidos pelas tabelas I ou II cujo termo médio seja correspondente ao de pH mais próximo do pH determinado no ensaio prévio.

Seguindo, para este ensaio, uma técnica análoga à exposta no ensaio prévio, isto é, colocando no dispositivo de observações colorimétricas, lado a lado, dois tubos de ensaio contendo, um, 10 cm^3 da água a analisar adicionada de 0,5 cm^3 do respectivo reagente indicador e o outro, sucessivamente, 10 cm^3 de cada um dos solutos correspondentes aos 5 termos escolhidos, conforme as tabelas I ou II, adicionados também de 0,5 cm^3 do reagente indicador respectivo, verificar qual o termo da escala que tem coloração idêntica.

O pH procurado será o desse termo da escala.

VII — *Outros métodos*

a) No comércio existem colorímetros de diferentes autores, alguns dos quais são fornecidos com padrões fixos para cada indicador (discos, cunhas, etc.).

b) Método electrométrico:

A condutibilidade eléctrica é função do grau de dissociação dum dado soluto.

A relação entre estas grandezas é estabelecida pràticamente utilizando potenciómetros especiais que, embora fornecendo valores mais rigorosos, não preconizamos em virtude do seu elevado preço.

d) Condutibilidade

I — *Definição*

A condutibilidade eléctrica é o recíproco da resistência eléctrica (medida em ohmios) oferecida por uma massa de água de um cubo de 1 cm de aresta, entre duas faces opostas, à temperatura de 18° C, e indica o conteúdo iónico dessa água.

II — *Amostra*

100 a 250 cm^3 de água.

III — *Material*

1) Vaso de resistência (de vidro, mica, ebonite, etc.) dentro do qual existem duas lâminas de platina, brilhantes ou platinadas, dispostas paralelamente, à distância de 10 a 50 milímetros.

2) Ponte segundo o esquema usual de Wheatstone ou semelhante (ponte de medida, caixa de resistência, etc.) utilizando corrente alterna de 50 a 1000 períodos cuja passagem poderá ser acusada ou por um telefone ou por um galvanómetro de 0.

3) Termómetro.

IV — *Reagentes*

1) Soluto saturado de sulfato de cálcio.

V — *Técnica*

1) Determinação da capacidade eléctrica do vaso de resistência:

Encher o vaso de resistência com o soluto de condutibilidade conhecida (soluto saturado de sulfato de cálcio). Medir a resistência eléctrica respectiva utilizando a ponte à maneira usual.

A capacidade obtém-se aplicando a seguinte fórmula:

$$C = \rho R$$

em que:

C — Capacidade eléctrica do vaso.
R — Resistência eléctrica medida.
ρ — Coeficiente que varia com a temperatura segundo os valores indicados no quadro seguinte:

TABELA I

Temperatura	Valor de ρ
15°	0,001734
16°	0,001782
17°	0,001831
18°	0,001880
19°	0,001928
20°	0,001976
21°	0,002024

2) Determinação da condutibilidade da água a ensaiar:

Medir a resistência eléctrica R/ da água a ensaiar, substituindo por esta o soluto saturado de sulfato de cálcio, depois de prèviamente lavado o vaso de resistência com a própria água.

VI — *Cálculos*

A condutibilidade eléctrica da água a 18° C., é dada pela fórmula:

$$C'_{(18^\circ\ C.)} = \frac{C \times f}{R'} \times 10^6$$

em que:

C/ — Condutibilidade eléctrica da água.
C — Capacidade eléctrica do vaso de resistência.
R — Resistência eléctrica da água.
f — Coeficiente de correcção da temperatura segundo os valores do quadro seguinte:

TABELA II

Temperatura	Valores de f	Temperatura	Valores de f
15°	1,074	20°	0,956
16°	1,048	21°	0,936
17°	1,024	22°	0,916
18°	1,000	23°	0,897
19°	0,978	24°	0,879

NOTA — A condutibilidade eléctrica está relacionada com o resíduo seco pela seguinte expressão:

$$r = 0{,}75\ C'$$

em que:

r — resíduo seco a 180° C. em milig./L
C' — condutibilidade eléctrica da água.

Capítulo III

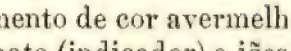
ENSAIOS QUÍMICOS

a) ANIÕES

a) Cloretos — Cl'

I — *Fundamento do método*

Determinação volumétrica dos cloretos por aparecimento de cor avermelhada devido ao cromato de prata quando à água se adicionam iões cromato (indicador) e iões argênticos (reagente precipitante):



$$Cl' + Ag^{+} = Cl\,Ag$$

$$CrO_4'' + 2\,Ag^{+} = Cr\,O_4\,Ag_2$$

Como o coeficiente de solubilidade do cloreto de prata é inferior ao do cromato de prata, o líquido só tomará cor avermelhada, pela formação do cromato de prata, quando todos os iões de cloro estejam precipitados. Do volume de soluto titulado de nitrato de prata gasto, calcula-se a quantidade de iões Cl' existentes na água.

II — *Amostra*

100 cm^3 da água a ensaiar (vidé V — Notas)

III — *Reagentes*

1) Soluto N/20 de nitrato de prata
2) Soluto a 10 $^0/_0$ de cromato de potássio.

IV — *Material*

1) Matrás de Erlenmeyer de 200 cm^3 ou cápsula de porcelana de igual capacidade e vareta de vidro.
2) Galheta com torneira de vidro.

V — *Técnica*

Medir 100 cm^3 da água, verter para o matrás (ou cápsula), adicionar 1 cm^3 de soluto de cromato de potássio e, gota a gota, soluto N/20 de nitrato de prata, contido na galheta, até leve coloração cor de carne.

NOTAS:

1) Este método só é aplicável em meio neutro. Por conseguinte se a água é ácida ou alcalina deve neutralizar-se, conforme o caso, com soluto titulado de hidróxido de sódio ou de ácido sulfúrico, em presença do tornasol.

Pode substituir-se o soluto de hidróxido de sódio, quando este contenha cloretos, por carbonato de cálcio, lavado e seco, ajuntando cerca de 0,5 g.

A quantidade de ácido sulfúrico necessário para a sua neutralização é precisamente igual à que se gastou na dosagem da alcalinidade (Vidé Art.º «Anidrido carbónico combinado»).

2) Se a água é ferruginosa deve neutralizar-se e adicionar cerca de 1 g. de óxido de zinco (isento de cloretos).

3) Se a água contém sulfitos ou sulfuretos, adicionar a frio, gota a gota, soluto N/100 de permanganato de potássio até leve coloração rósea que se faz desaparecer pela adição de algumas gotas de água oxigenada.

4) Se a água contém sulfídrico deve ferver-se prèviamente ou deixar em repouso até ao desaparecimento do cheiro.

5) Se a água contém um teor tal de matéria orgânica que lhe comunique coloração, tratá-la por coagulação A 500 cm^3 adicionar cerca de 1 g. de hidróxido de alumínio recentemente precipitado. Filtrar e praticar a determinação.

Se a coloração ainda se mantiver, adicionar ao líquido filtrado um pequeno excesso de soluto N/10 de permanganato de potássio e ferver durante 10 minutos, adicionando-lhe mais soluto se o líquido se descorar. Eliminar o excesso de permanganato por adição de algumas gotas de alcool. Completar o volume primitivo depois de arrefecer, filtrar e praticar a dosagem.

VI — *Cálculos*

$$Cl' \text{ mg/L} = n \times \frac{35450}{20.000} \times \frac{1000}{100}$$

$$= n \times \frac{3545}{200} = n \times 17{,}72$$

ou

$$Cl\ Na \text{ mg/L} = n \times \frac{58454}{20.000} \times \frac{1000}{100}$$

$$= n \times \frac{5845{,}4}{200} = n \times 29{,}22$$

em que:

n — número de cm^3 de nitrato de prata gasto

VII — *Outros métodos*

1) Método gravimétrico (Método clássico)

Precipitação, lavagem, filtração, secagem e pesagem dos cloretos sob a forma de cloreto de prata.

2) Método volumétrico (Método de Charpentier — Volhard)

Este método só se emprega quando as águas são muito ricas em cloretos e matéria orgânica.

b) Sulfatos — SO_4''

I — *Fundamento do método*

Precipitação do anião SO_4'' no estado de SO_4Ba.
Determinação deste ponderalmente.

Reacção:

$$SO_4'' + Cl_2Ba \rightarrow SO_4Ba + 2\ Cl$$

II — *Amostra*

[Vidé Art.º «Cálcio» — V — Nota (1)]

III — *Reagentes*

1) Ácido clorídrico
2) Soluto a 10 °/₀ de cloreto de bário
3) Soluto a 5 °/₀ de nitrato de prata

IV — *Material*

1) Copo cilíndrico para precipitação a quente, de 250 cm^3.
2) Vareta de vidro.
3) Tripé de ferro.
4) Rede metálica.
5) Tubos de ensaio.
6) Bicos de Bunsen ou Mecker.
7) Banho-Maria.
8) Funil e filtro de cinzas conhecidas.
9) Matrás de Erlenmeyer.
10) Balão com dispositivo para lavagem de precipitados.
11) Vareta de vidro com terminal de borracha.
12) Cadinho de porcelana, quartzo ou platina, de ~ 25 cm^3 de capacidade.
13) Pinça para cadinhos.
14) Exsicador.

V — *Técnica*

Do líquido filtrado (vidé II — «Amostra») recolher o volume de 100 cm^3. Adicionar-lhe, gota a gota, ácido clorídrico, até desaparecimento da coloração rósea. Uma vez atingida a neutralização, adicionar 10 cm^3 de ácido clorídrico, ferver o líquido e ajuntar, pouco a pouco, sobre o líquido fervente 20 cm^3 do soluto de cloreto de bário, também fervente, tendo o cuidado de evitar projecções. Manter em ebulição durante ~ 3 minutos e passar em seguida para um banho-Maria fervente onde deve conservar-se durante meia hora. Deixar arrefecer, filtrar por filtro de cinzas conhecidas. Destacar completamente o precipitado aderente à superfície interna do copo por meio duma vareta com terminal de borracha. Lavar o copo e o precipitado com água destilada quente até que as águas de lavagem não turvem pelo soluto de nitrato de prata. Secar o precipitado na estufa e calcinar em cadinho prèviamente tarado. Deixar arrefecer em exsicador e pesar (P).

VI — *Cálculos:*

$$SO_4'' \text{ mg/L} = P \times \frac{1000}{V \times \frac{100}{250}} \times 0{,}4115 = 1028{,}75 \times \frac{P}{V}$$

sendo:

P — peso em mg do SO_4Ba obtido

V — volume da toma (vidé Art.º «Cálcio»)

c) Anidrido carbónico total

I — *Fundamento do método*

1) Precipitação no estado de carbonato de bário de todo o anidrido carbónico existente na água, quer livre quer combinado, pela adição do soluto amoniacal de cloreto de bário, precipitando-se também sulfato de bário, silicato de bário e hidróxido de magnésio.
2) Fusão da mistura com borax para libertação do anidrido carbónico e determinação da perda de peso correspondente ao anidrido carbónico libertado.

II — *Amostra*

A amostra deve ser de 500 a 750 cm^3, colhida em matrás de Erlenmeyer onde se deve ter vertido prèviamente o reagente precipitante, sendo a mistura com o reagente feita «in-loco».

III — *Reagentes*

1) Soluto amoniacal de cloreto de bário:

Cloreto de bário	50 gs
Água destilada fervida	400 cm^3

Dissolver aquecendo; deixar arrefecer e ajuntar amónia q. b. para prefazer 500 cm^3
Filtrar na ocasião do ensaio.
2) Borax anidro, de preferência fundido.
3) Água destilada fervida, adicionada de 5 $^0/_0$ de amónia.

IV — *Material*

1) Matrás de Erlenmeyer de 500 a 750 cm^3, tapado com rolha de borracha atravessada por um pequeno tubo de vidro
2) Funil
3) Cadinho de porcelana
4) Cadinho de platina
5) Tripé
6) Triângulo
7) Bico de Bunsen
8) Balão com dispositivo para lavagem de precipitados
9) Vareta com terminal de borracha
10) Filtro quantitativo de $\phi = 12{,}5$ a 15 cm
11) Cera (cerca de 1 gr.)

V — *Técnica*

Tarar simultâneamente o matrás de Erlenmeyer contendo 50 cm^3 de soluto amoniacal de cloreto de bário, a respectiva rolha atravessada pelo tubo de vidro e um pedacinho de cera (P_1). Encher completamente com a água a analisar. Rolhar e obturar o orifício do pequeno tubo de vidro que atravessa a rolha, utilizando o pedacinho de cera já referido; pesar (P_2). A diferença $P_2 - P_1 = P$ dá a quantidade da água introduzida. Agitar e deixar em repouso durante 48 horas. Decorrido esse tempo separar o precipitado

por decantação e filtração, o mais rápida possível, de preferência a pressão reduzida, para diminuir o tempo de contacto com o ar. Verter sobre o filtro o precipitado e lavar o balão e o precipitado com água amoniacal; secar; calcinar em cadinho de porcelana prèviamente tarado (p_1) e pesar (p_2): $p_2 - p_1 = p$ dá-nos a quantidade de sais de bário.

Fundir num cadinho de platina, com tampa, cerca de 2 gs de borax, conservando-o em fusão durante 20 minutos. Deixar arrefecer e pesar (p_3); deitar para este cadinho todo o precipitado, ou uma parte aliquota deste, de modo que a quantidade de precipitado não seja superior a 0,5 g e pesar (p_4); por diferença ter-se-á a quantidade de precipitado empregue no ensaio $p_4 - p_3 = p'$. Tapar o cadinho e fundir novamente conservando a mistura em fusão durante 20 a 30 minutos. Deixar arrefecer e pesar de novo (p_5).

A diferença de peso $p_4 - p_5 = p''$ dá-nos o teor de anidrido carbónico existente na quantidade do precipitado que se fundiu com o borax.

Referir ao litro.

VI — *Cálculos*

$$CO_2 \text{ mgs/L} = \frac{p \times p''}{p'} \times \frac{1000}{P} \times 1000$$

$$= \frac{p \times p''}{p \times P} \cdot 10^6$$

em que:

P = o peso da toma de água em gs
p = peso total dos sais de bário em gs
p′ = peso dos sais de bário que se fundiram com o borax em gs
p″ = perda de peso na fusão com o borax em gs.

NOTA: Querendo exprimir em CO_3'' mgs/L basta multiplicar o resultado anterior por 1,3635 que é o coeficiente CO_3/CO_2.

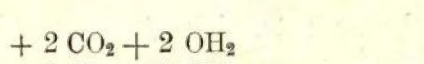
d) Anidrido carbónico combinado (1) — CO_3'' e CO_3H'

I — *Fundamento do método*

O anidrido carbónico combinado é calculado a partir da determinação da alcalinidade.

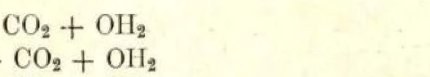
Determina-se a alcalinidade adicionando um soluto titulado dum ácido forte (sulfúrico ou clorídrico) em presença de heliantina que vira do amarelo ao vermelho.

A alcalinidade dá-nos a conhecer em conjunto os bicarbonatos e carbonatos alcalino-terrosos e alcalinos.



$$(CO_3H)_2\,Ca + 2\,ClH \rightarrow Cl_2Ca + 2\,CO_2 + 2\,OH_2$$
$$(CO_3H)_2\,Mg + 2\,ClH \rightarrow Cl_2Mg + 2\,CO_2 + 2\,OH_2$$
$$CO_3H\,Na + ClH \rightarrow ClNa + CO_2 + OH_2$$

e mais raramente:



$$CO_3Na_2 + 2\,ClH \rightarrow Cl\,Na + CO_2 + OH_2$$
$$CO_3Mg + 2\,ClH \rightarrow Cl_2\,Mg + CO_2 + OH_2$$
$$CO_3Ca + 2\,ClH \rightarrow Cl_2\,Ca + CO_2 + OH_2$$

II — *Amostra*

Só em águas muito duras se aconselha a fazer a determinação «in loco». Nas outras águas a amostra será feita a partir da colheita geral.

100 cm³ da água a ensaiar.

---

(1) Consideramos como anidrido carbónico combinado, o anidrido devido aos carbonatos e aos bicarbonatos.

III — *Reagentes*

1) Soluto N/10 de ácido clorídrico ou de ácido sulfúrico.
2) Soluto aquoso a 0,05 °/₀ de heliantina.

IV — *Material*

1) Pipeta de 100 cm^3
2) Matrás de Erlenmeyer de 250 cm^3
3) Galheta de Mohr
4) Suporte de ferro

V — *Técnica*

Medir para o matrás de Erlenmeyer 100 cm^3 da água, adicionar 2 gotas de soluto de heliantina e soluto N/10 do ácido contido na galheta até à viragem.

VI — *Cálculos*

Os resultados são expressos como segue, embora seja costume exprimi-los na última forma indicada:

em CO_2 mgs / L:

$$n \times \frac{22.000}{10.000} \times \frac{1.000}{100} = n \times 22$$

em CO_3 mgs / L:

$$n \times \frac{30.000}{10.000} \times \frac{1.000}{100} = n \times 30$$

em CO_3Ca mgs / L:

$$n \times \frac{50.000}{10.000} \times \frac{1.000}{100} = n \times 50$$

Pode exprimir-se mais raramente, e com aplicação imediata à determinação do anidrido carbónico livre (Vidé o ensaio seguinte), em bicarbonatos:

em CO_3'' mgs / L:

$$2\ n \times 30$$

Modernamente, é costume exprimir também a alcalinidade em cm^3 de soluto ácido *N* por litro.

e) Nitratos — NO_3'

I — *Fundamento do método*

Os nitratos doseiam-se por colorimetria provocando a formação dum derivado nitrado da brucina em meio sulfúrico que modifica a coloração vermelha do composto primitivo para um tom amarelo-alaranjado que se mantém.

Comparação da coloração obtida com padrões fixos.

II — *Amostra*

100 cm^3 da água a ensaiar.

III — *Reagentes*

1) Ácido sulfúrico concentrado isento de ácido nítrico [1].
2) Soluto sufúrico de brucina a 0,2 °/₀.
3) Soluto padrão de nitrato de potássio:

Nitrato de potássio em pó (seco a 100° C.).... 0,1635 gr
Água destilada . . . . . q. b. para.... 1000 cm³
Dissolver.

$$1\ cm^3 <> 0{,}1\ mg\ de\ NO_3^{\prime}$$

IV — *Material*

1) Chupetas de 1 a 100 cm³
2) Matrases de Erlenmeyer de 200 – 250 cm³
3) Provetas graduadas de 25 cm³
4) Escala padrão:

Provetas de igual diâmetro ou tinas de igual secção, de fundo plano, vidro incolor, cerca de 120 cm³ de capacidade (~ 16 a 18 cm de altura).

V — *Técnica*

α) ***Preparação da amostra:***

A 100 cm³ da água adicionar cuidadosamente, agitando, 5 cm³ de ácido sulfúrico e 20 cm³ do soluto sulfúrico de brucina.

Decorridos 10 minutos arrefecer e fazer a comparação.

β) ***Comparação:***

1) *Escala padrão*

A escala padrão adoptada tem 15 termos correspondente aos volumes de soluto de nitrato de potássio a que se refere o Quadro I, perfazendo 100 cm³ com água destilada a que, em seguida, se adiciona cuidadosamente 5 cm³ de ácido sulfùrico e 20 cm³ do soluto sulfúrico de brucina. Deixar em contacto durante 10 minutos, ao fim dos quais se provoca o arrefecimento rápido.

QUADRO I

Ordem da escala	cm³ de sol. de NO_3 K	mg/L de NO_3'	Ordem da escala	cm³ de sol. de NO_3 K	mg/L de NO_3'
1	0	0	9	45	45
2	10	10	10	50	50
3	15	15	11	55	55
4	20	20	12	60	60
5	25	25	13	65	65
6	30	30	14	70	70
7	35	35	15	75	75
8	40	40			

[1] Como é difícil encontrar no comércio ácido sulfúrico isento de ácido nítrico, deve-se ferver o ácido sulfúrico prèviamente adicionado de 0,3 g de sulfato de amónio, por cada quilograma.